Эврика

ИРИНА РАДУНСКАЯ

«БЕЗУМНЫЕ» ИДЕИ

Ирина Радунская

„БЕЗУМНЫЕ" ИДЕИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЦК ВЛКСМ
„МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ"
МОСКВА, 1967

Послесловие академика А. И. БЕРГА

РАДУНСКАЯ Ирина Львовна

«БЕЗУМНЫЕ» ИДЕИ

М., «Молодая гвардия», 1967, 416 стр.

Редактор *А. Ливанов*

Художники *Е. Галинский, В. Нагаев*

Худож. редактор *Г. Позин*

Техн. редактор *Н. Михайловская*

А01117. Подп. к печати 26/I 1967 г. Бум. 84×108¹/₃₂. Печ. л. 13(21,84). Уч.-изд. л. 19,8. Тираж 100 000 экз. Заказ 1428. Цена 74 коп. Т. П. 1967 г., № 109. Типография «Красное знамя» издательства «Молодая гвардия». Москва, А-30, Сущевская, 21

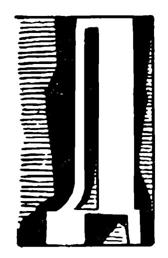
Перед нами — безумная теория. Вопрос в том, достаточно ли она безумна, чтобы быть правильной.

НИЛЬС БОР

ВМЕСТО ВВЕДЕНИЯ

Вод, в которые
я вступаю,
не пересекал еще никто.
ДАНТЕ

ПРОЗРЕНИЕ ИЛИ ЗАБЛУЖДЕНИЕ?



вадцатое столетие застало ученых в приятном заблуждении. Им казалось, что они знают все или почти все об окружающем мире. Вдохновение Галилея, прозорливость Ньютона освободили человеческий разум от паутины, сотканной из ошибочных утверждений древних схоластов и искусственных представлений средневековья. Плечами гигантов была поднята стройная система человеческих знаний. Фундаментальная наука о неживой природе — физика — вскрыла главнейшие законы, охватывающие, как думалось, все стороны жизни вселенной. Это величественное здание, получившее название классической физики, казалось, вмещало в себя разгадки всех раскрытых и еще не раскрытых тайн природы.

На рубеже XX века это благополучие подверглось серьезному испытанию.

Классическая физика оказалась скомпрометированной тем, что она не смогла объяснить ряд вновь открытых фактов.

Она стала в тупик перед простым нагретым телом. Каждый школьник знает, что, сунув кусок вещества в огонь, его можно довести до красного и даже белого каления. Любое раскаленное вещество, если только

оно не разрушится при нагреве, будет светиться. И чем выше его температура, тем более яркий свет оно излучает. Даже цвет звезд зависит от их температуры. Но когда ученые попытались понять, почему цвет излучения не зависит от их состава, формулы отказались дать однозначный ответ. Они отзывались об этом явлении самым противоречивым образом и только сбивали ученых с толку.

Попытки описать математически, как энергия нагретого тела излучается в пустое пространство, кончались разочарованием. Уравнения не давали ничего похожего на действительность. Из всех расчетов получалось: тепло так быстро улетучивается в окружающее пространство, что всего топлива, имеющегося на Земле, не хватит, чтобы вскипятить чайник! Это, конечно, противоречит опыту.

Опыт, верховный судья науки, отвергал все попытки построить теорию излучения. Классическая термодинамика и электродинамика, хорошо справлявшиеся с описанием сложнейших природных процессов, позволяющие описать работу всех известных машин, оказывались бессильными перед этой, казалось бы, простой задачей.

Проблемой занялся Макс Планк, берлинский профессор, уже завоевавший себе известность трудами по термодинамике. И он тоже начал танцевать от печки, исходя из привычной предпосылки: энергия от нагретого тела переливается в окружающее пространство так же непрерывно, как воды реки в океан.

Но и усилия Планка приводили к тем же обескураживающим выводам. Да, действительно, нагретое тело испускает лучи всех цветов: красные, зеленые, фиолетовые. Фиолетовые лучи очень жадные, они отбирают у тела и уносят с собой львиную долю энергии. И все-таки не они самые ненасытные. Ультрафиолетовые лучи и еще более коротковолновые, лежащие за ультрафиолетовой областью спектра электромагнитного излучения, должны были, подчиняясь формулам, остудить все тела в природе, охладить вселенную до абсолютного нуля!

Так расчеты Планка подтвердили ужасный вывод: мир ожидает ультрафиолетовая смерть.

Но в окружающей жизни физики не находили ни малейшего симптома столь печального исхода. Они должны были избавить и теорию от нелепого заблуждения. Этой проблемой мучился не один Планк. Многие ученые не хотели мириться с бессилием созданных ими формул.

Но недаром имя Планка до сих пор произносится с благоговением. Планк избавил физику от призрака ультрафиолетовой катастрофы.

«После нескольких недель самой напряженной работы в моей жизни тьма, в которой я барахтался, озарилась молнией и передо мной открылись неожиданные перспективы», — говорил впоследствии Планк в своем нобелевском докладе.

Молния, о которой он говорил, озарила целую область знаний о природе вещества. Это случилось в 1900 году. Рассматривая процесс обмена энергией между раскаленным телом и окружающим пространством, Планк предположил, что этот обмен совершается не непрерывно, а в виде небольших порций. Описав этот процесс математически, он пришел к формуле, в точности совпадавшей с распределением энергии в спектре Солнца и других нагретых тел. Так в науку вошло представление о минимальной порции энергии — кванте.

Обычно говорят, что Планк пришел к своему открытию случайно, что на идею введения дискретности — скачкообразности — в процесс передачи тепловой энергии он натолкнулся в результате экспериментальной математики, пытаясь добиться совпадения расчетов с опытом.

Сам Планк опровергает эту версию. Он рассказывает, что, будучи горячим поклонником крупнейшего из физиков, Больцмана, он показал ему свою работу. Она была выдержана в духе классических представлений о непрерывности тепловых и электродинамических процессов. Ответ знаменитого ученого поразил Планка. Больцман, безупречный классик, сказал, что, по его мнению, невозможно построить

вполне правильную теорию процессов излучения без введения в них еще неизвестного элемента дискретности.

Несомненно, указание Больцмана помогло Планку найти путь к его великому открытию. Если в его возникновении и сыграла свою роль случайность, то в еще большей мере оно явилось закономерным диалектическим скачком в познании.

Вдумываясь в суть своей формулы и в возможности, открываемые введением кванта энергии, Планк понимал, что он выпустил из бутылки мощного джинна, способного потрясти самые основы описания природы. Он чувствовал, что не может даже оценить масштабы грядущего переворота, но инстинктивно догадывался, что его работа даст толчок лавине, которая наверняка разрушит фундамент физики, а это казалось ему опасным. Последующая история науки показала, насколько правильным было его предчувствие.

Будучи человеком консервативных взглядов, Планк медлил с опубликованием своего открытия. Оценивая его значение, он говорил, что либо оно полностью ошибочно, либо по масштабам сравнимо с открытиями Ньютона.

Коллеги Планка придерживались преимущественно первой точки зрения. Некоторые из них даже грозились отречься от физики, если «возмутительная» теория Планка не будет опровергнута.

Осенью 1900 года Планка посетил Рубенс. За чаем он показал свои чрезвычайно точные измерения распределения энергии в спектре нагретого черного тела. Результаты точно совпали с формулой Планка. Это решило сомнения. Планк опубликовал свою формулу. В фундаменте классической физики появилась основательная трещина.

С самого рождения квант оказался капризным младенцем. Введенный Планком в расчет в качестве кванта энергии, он появился в окончательной формуле в виде кванта действия — величины, являющейся произведением энергии на время. Причина этой трансформации оставалась неясной. Постепенно Планк,

а вслед за ним и другие ученые примирились с дискретностью энергии, но дискретность механического действия долго оставалась непостижимой.

Работа Планка не вызвала резонанса. Долгих пять лет новорожденный квант спал в своей колыбели. Понадобился гений, чтобы превратить этого младенца в Геркулеса.

НОВЫЙ ГЕРКУЛЕС

Шли первые годы нашего столетия. Безвестный, с трудом получивший место эксперта патентного ведомства начинающий физик Альберт Эйнштейн упорно размышлял над тайнами фотоэффекта.

Столетов и Герц, русский и немецкий физики, подробно изучили к этому времени, как свет выбивает электроны из поверхности твердых тел. Были установлены все подробности этого явления, названного фотоэффектом. Но никто не мог понять, почему энергия вылетающих электронов не зависит от яркости падающих лучей, а определяется только их цветом. Ведь, исходя из общепризнанной волновой теории света, можно было ожидать, что энергия электронов, выбиваемых волной, зависит от силы электрического поля волны, попадающей в место, где находится электрон. Но сила поля определяется яркостью, а не цветом.

Никто не мог объяснить и существования красной границы фотоэффекта — того удивительного факта, что для каждого вещества в спектре солнечного света существует своя индивидуальная граница. Лучи, лежащие в красную сторону от границы, никогда не вызывают фотоэффекта, а лежащие в фиолетовую сторону от нее — легко выбивают электроны из поверхности вещества.

Это было тем более удивительно, что существование цветовой границы прямо противоречило волновой теории света, господствовавшей в науке около 300 лет.

С волновой точки зрения красной границы вообще не должно было быть. Световая волна любой длины

должна быть способна выбить электрон. Для этого нужно или подождать подольше или взять свет поярче. В соответствии с волновой теорией можно было ожидать «накопления» действия света. Яркий свет должен был приводить к вылету электрона скорее, чем слабый. Но ни безграничное терпение экспериментаторов, ни самые яркие источники света не могли преодолеть красной границы. И здесь суд опыта высказывался против классической теории света.

Загадку решил Эйнштейн. Он пришел к выводу, что квантовая теория Планка, созданная только для объяснения механизма обмена тепловой энергией между электромагнитным полем и веществом, должна быть существенно расширена. Он установил, что энергия электромагнитного поля, в том числе и световых волн, всегда существует в виде определенных порций — квантов.

Так Эйнштейн извлек квант из его колыбели и продемонстрировал людям его поразительные возможности. Представление о кванте света (фотоне) как об объективной реальности, существующей в пространстве между источником и приемником, а не о формальной величине, появляющейся только при описании процесса обмена энергией, сразу позволило ему создать стройную теорию фотоэффекта. Это подвело фундамент и под зыбкую в то время формулу Планка.

Действительно, если свет не только излучается и поглощается квантами, но и распространяется в форме квантов — определенных порций электромагнитной энергии, то законы фотоэффекта получаются сами собой. Нужно только сделать естественное предположение, что квант-фотон взаимодействует с электроном один на один.

Энергия каждого отдельного фотона зависит только от частоты световых колебаний, то есть от его «цвета». Красному цвету соответствует почти вдвое меньшая частота, чем фиолетовому; значит, энергия красных фотонов почти вдвое меньше энергии фиолетовых фотонов.

Так как электроны удерживаются в твердом теле вполне определенными для каждого вещества силами, то энергии красного фотона может не хватить для преодоления этих сил и освобождения электрона, а фиолетовый фотон легко это сделает. Так возникает красная граница, характерная для каждого вещества.

Столь же непосредственно объясняется и независимость энергии вылетевшего из вещества электрона от яркости вырвавших его лучей. Ведь энергия электрона — это остаток, разность между энергией фотона и той энергией, которую он затратил на вырывание электрона. Яркость света, то есть число квантов, попадающих в секунду на квадратный сантиметр поверхности тела, тут ни при чем. Кванты света падают независимо один от другого, и каждый поодиночке выбивает (или не выбивает) электрон. Они не могут дождаться друг друга, чтобы совместными усилиями вырвать электрон, поэтому фотоэффект не зависит ни от яркости света, ни от времени освещения.

Теряет свой мистический характер и гипотеза Планка о квантовом характере взаимодействия электромагнитного поля с веществом. До Эйнштейна эта гипотеза опиралась только на то, что выведенная на ее основе формула соответствовала опыту, ликвидировала ультрафиолетовую катастрофу. Но оставалось неясным, как волна — совершенно непрерывный процесс — разбивалась на кванты в процессе взаимодействия с веществом. Теперь, когда оказалось, что электромагнитная энергия всегда существует в виде квантов, трудно предположить, что она взаимодействует с веществом не квантами, а непрерывно, как это думали до Планка.

Квантовая теория света, успешно справившаяся с загадкой фотоэффекта, отнюдь не была всесильной. Наоборот, она была совершенно беспомощной в попытках описать ряд общеизвестных явлений. Например, таких, как возникновение ярких цветов в тонких слоях нефти, разлитой на воде, или существование предельного увеличения микроскопа и телескопа.

Волновая же теория света, бессильная в случае фотоэффекта, легко справлялась с этими вопросами.

Это вызвало непонимание и длительное недоверие к квантовой теории света. Ее не принял и отец квантов — Планк. Даже в 1912 году, представляя уже знаменитого Эйнштейна в Прусскую академию наук, Планк и другие крупнейшие немецкие физики писали, что ему не следует ставить в упрек гипотезу световых квантов!

Сам Эйнштейн не придавал трагического значения этому противоречию. Наоборот, он считал его естественным, отражающим сложный, многогранный (мы сказали бы — диалектический) характер природы света. Он считал, что в этом проявляется реальная двойственная сущность света и что это лежит в природе вещей. А постоянная Планка играет существенную роль в объединении волновой и квантовой картины. Она иллюстрирует собой союз волн и частиц.

Как мы увидим позже, распространив эти идеи Эйнштейна на микрочастицы, французский физик Луи де Бройль заложит основы волновой механики — одного из краеугольных камней фундамента современной квантовой физики.

При создании теории фотоэффекта и гипотезы световых квантов проявилась особенность гения Эйнштейна — вместо введения частных гипотез, отвечающих на конкретные вопросы, давать революционные решения, одновременно проясняющие множество сложных и разнообразных проблем.

Эта черта во всем блеске проявилась в основном деле жизни Эйнштейна — в создании теории относительности, приведшей к революции в современной науке.

ВЕЛИКИЙ ПУТАНИК ЭФИР

Рождение нового мировоззрения происходило под грохот рушившегося здания классической физики.

В цемент, скреплявший фундамент этого величе-

ственного сооружения, наряду с законами Ньютона входила волновая теория света. Она была создана Гюйгенсом, старшим современником Ньютона, и, по существу, исходила из глубокой аналогии света со звуковыми волнами. Она служила людям два века, и почти никто не замечал ее изъянов.

...Вынужденный уединиться в деревне после «чистки» 1815 года, проведенной наполеоновским правительством Ста дней, инженер Службы мостов и дорог, раньше и не думавший заниматься физикой, Френель на досуге много и глубоко размышлял о тайнах света. Но он не имел достаточно денег на ценное оборудование, и ему приходилось обходиться для опытов примитивными средствами. Самый простой эксперимент отнимал у него массу времени, его нужно было повторять вновь и вновь, чтобы убедиться в его безупречности, проанализировать результаты с помощью новейших средств современной ему математики.

И вот, проведя серию экспериментов со светом, Френель понял, что, исходя из буквальной аналогии света со звуком, невозможно объяснить ряд наблюдаемых явлений. Он вынужден был предположить, что свет — это не продольные колебания, подобные звуку в воздухе, как считал Гюйгенс, а поперечные колебания и переносить их в мировом пространстве может только особая среда со свойствами твердого тела.

Так в науку с легкой руки Френеля надолго вошел эфир, удивительное вещество, поперечные колебания которого и есть свет. Предполагалось, что эфир заполняет все мировое пространство, проникая во все прозрачные тела, которые сами по себе не участвуют в передаче света.

Довольны ли были ученые таким выходом из положения? Как видно, да. Во всяком случае, после недолгого ворчания они признали незаконнорожденное дитя путейского инженера. Эфир надолго пережил своего родителя. Френель, сломленный туберкулезом, умер в тридцатидевятилетнем возрасте в полной уверенности, что эфир существует.

Могли ли физики, нежданно-негаданно обретя эфир, продолжать проводить аналогию между световыми и звуковыми волнами? Оказывается, могли. Надо было только заставить себя поверить в удивительное. Нужно было признать, что эфир прозрачен, как воздух, но тверд... как камень. Впрочем, что там камень! По предположениям, эфир был тверже стали.

Правда, частицы твердого тела, связанные силами упругости, могут колебаться не только поперек направления распространения звука, но и вдоль этого направления. Поэтому в твердых телах существуют два типа звуковых волн — поперечные и продольные. Но Френель предположил, что световые волны аналогичны только поперечным волнам в твердых телах. Продольные же он оставил без внимания.

Усовершенствованная таким образом волновая теория света прекрасно объясняла все известные науке того времени факты, часть из которых противоречила продольным волнам сжатия и разрежения, с которыми оперировала волновая теория Гюйгенса.

Правда, новая теория света содержала некоторые трудности. Во-первых, никто не мог обнаружить в эфире продольных волн. И нужно было принять на веру, что такие волны в нем вообще не существуют. А если и существуют, то не взаимодействуют с обычными телами и поэтому не могут наблюдаться. Во-вторых, большая скорость света заставляла считать эфир чрезвычайно упругим. Ведь его частицы должны были дрожать в такт со световой волной с необыкновенной быстротой. Это и заставило физиков считать эфир чуть ли не в сто тысяч раз более упругим, чем сталь. Но при этом эфир должен был обладать бестелесностью привидения — сквозь него можно было беспрепятственно проходить. Он никак не препятствовал движению звезд и планет в мировом пространстве и движению обычных тел, с которыми мы имеем дело в повседневной жизни.

Были в новой теории света и другие трудности: нужно было специально объяснять, что происходит с эфиром на границе двух прозрачных тел с различ-

ными показателями преломления. Например, на стеклянной стенке аквариума, отделяющей воду от воздуха. Ведь скорость света в воздухе, стекле и воде различна. Значит, прозрачные вещества как-то взаимодействуют с эфиром, изменяя своим присутствием его огромную упругость. Иначе нельзя объяснить различные скорости света во всевозможных прозрачных средах. Нужно было объяснять, как непрозрачные тела задерживают световые волны. Удивительным было и то, что, выполняя роль переносчика световых волн, эфир никак не проявлял своего присутствия ни в каких опытах. Он был неуловим, напоминая этим теплород — другую невесомую субстанцию, долго признававшуюся учеными, царившую в теории теплоты и изгнанную из нее прогрессом науки.

Все это принудило ученых признать эфир исключительной средой, обладающей крайне противоречивыми свойствами.

Волновая теория, доведенная таким образом до совершенства и воплощенная в изящные математические формулы Френелем, объясняла все известные науке того времени оптические явления. Она предсказывала и новые явления, казавшиеся невероятными и невозможными. Противники Френеля указывали, что на основе его теории можно было бы осуществить такой невероятный опыт: пропустив свет от свечи через отверстие в непрозрачной перегородке и двигая позади нее экран, можно было бы увидеть, как центр экрана поочередно освещается и затемняется по мере его удаления от отверстия. Это противоречило всему многовековому опыту человечества. Всякий разумный человек сочтет такое предсказание безумным. Что может затенить свет позади отверстия? Этот результат теории Френеля выдвигался в качестве решающего аргумента против волновой природы света. Но французский ученый Араго проделал такой опыт, и каждый, кто хотел, мог увидеть, как на экране, передвигающемся вдоль оси его установки, свет чередуется с темнотой! Сообщение, сделанное им во Французской академии наук, потрясло ее членов. Это был триумф волновой теории Френеля.

ШАГ К АБСТРАКЦИИ

Эта тишь и гладь были нарушены взрывом максвелловского гения.

После долгой и кропотливой работы в период 1860—1875 годов Максвелл создал теорию, в которой электрические и магнитные силы природы были объединены в понятие единого электромагнитного поля, включающего видимый свет, невидимые ультрафиолетовые и инфракрасные лучи.

Он свел все известное людям об электричестве и магнетизме к четырем удивительно простым уравнениям. Именно эти уравнения сообщили, что свет — это просто электромагнитные волны, способные распространяться в пустом пространстве так же легко, как в прозрачных телах. Причем из уравнений следовало, что эти электромагнитные волны могут существовать сами по себе. Они представляют собой реальность, ранее неведомую людям и внезапно появившуюся перед учеными как могучий хребет из-за рассеявшегося тумана.

Можно представить, какую смуту посеяла эта концепция. Еретическая сущность ее заключалась прежде всего в том, что она вопреки многовековым традициям и идеалам не покоилась на механических движениях и силах. Переменные величины, изображавшие в математическом аппарате Максвелла электромагнитные поля, по существу, не могли быть представлены какими-либо обычными моделями и поэтому казались современникам крайне абстрактными понятиями. Ведь конкретным и реальным еще со времен Декарта считалось только то, что можно изобразить «посредством фигур и движений».

Большие трудности понимания сущности уравнений и всей теории Максвелла коренились в том, что входящая в них напряженность электрического и магнитного полей не поддавалась непосредственному восприятию. Их можно было изобразить на бумаге в виде стрелочек-векторов, направленных под углом друг к другу, но представить себе их физический смысл в то время казалось невозможным. Эти

величины не имели ни очертаний, ни формы, ни веса, их нельзя было сравнить ни с чем известным в повседневной жизни. Конечно, и тогда существовали приборы, реагировавшие на силы, вызываемые электромагнитными полями. Можно было безошибочно сказать, что напряженность одного поля больше или меньше другого. Но сами напряженности были столь странной величиной, что представить их себе зримо было трудно.

Известные физикам законы природы хорошо объясняли движение материальных частиц, потоков жидкостей, упругих твердых тел. Но, описывая электромагнитные поля, Максвелл предлагал в качестве иллюстрации символ, математическую абстракцию! По тем временам — почти нелепость! Как могли воспринять такую абстракцию ученые, воспитанные в духе классических представлений, привыкшие все на свете изображать с помощью механических наглядных моделей? Как могли они поверить в какой-то мир электромагнитных полей, который существует сам по себе и не нуждается ни в каких дополнительных иллюстрациях?

Мало кто из физиков хотел ломать себе голову над этой безумной теорией.

Поэтому-то и через двадцать лет после создания новой теории в ее смысл проникли лишь несколько физиков. Остальным она оставалась чуждой. И причина была та же: никто не мог понять и прочувствовать какое-нибудь явление иначе, как в виде конкретной механической модели. Сам Максвелл был изобретательным творцом моделей электромагнитного поля. В одной из таких моделей шестиугольные «молекулярные вихри» приводятся в движение «направляющими колесиками». Это показывает, что он сам еще долго не понимал, что создал новую науку, которая не нуждается в опоре на динамику Ньютона, а входящие в нее величины являются столь же фундаментальными, как силы и движения. Действительно, через семь лет после создания теории Максвелл писал: «Я приложу все усилия к тому, чтобы представить как можно яснее соотношение между

математической формой этой теории и математической формой фундаментальной науки о динамике для того, чтобы мы могли в какой-то мере подготовиться к выбору тех динамических моделей, среди которых мы будем искать иллюстрации или объяснения явлений электромагнитных».

То, что сам Максвелл не сумел вырваться из пут механических моделей, пожалуй, самое курьезное во всей этой истории. Не будучи в силах отрешиться от желания иметь наглядную модель, он нашел ее в упругих силовых трубках Фарадея, преобразовав их в наглядные картины силовых линий электромагнитных полей, верно служащих нам и поныне.

Теперь наши приборы позволяют измерять реальные величины — поля, входящие в уравнения Максвелла. Все это вместе с многолетней тренировкой, через которую прошли не только поколения ученых, но и поколения школьников, сделало для нас уравнения Максвелла не менее понятными, чем уравнения механики. И нам зачастую трудно понять, какого напряжения мысли требовало освоение этих уравнений менее чем сто лет назад.

Да и полвека назад никто не представлял себе электромагнитные поля иначе, чем натяжениями и волнами эфира.

Впрочем, по признанию одного из крупнейших физиков нашего времени, даже «современные представления не могут служить основой для понимания этих электромагнитных колебаний, которые не сводятся к классическому и наглядному представлению о колебаниях материального тела; висящие в пустоте, если можно так сказать, они выглядят для непосвященных (а может быть, даже и для физиков) чем-то довольно таинственным».

Что же требовать от современников Максвелла! Несмотря на свои невероятные свойства, эфир прочно утвердился в их сердцах, ибо люди, сформировавшие свои взгляды под влиянием ньютоновской физики, идеалом которой было сведение всех явлений к механическим, не могли отказаться от эфира как переносчика световых волн. Не могли поверить в са-

мостоятельную сущность света и других еще неведомых электромагнитных волн.

Теория Максвелла явилась в науке первым этапом немеханической физики, первым этажом в грандиозной пирамиде все усложняющихся абстракций. Мы увидим, что трудности, связанные с освоением новых абстракций, возникнут вновь, когда наступит эра теории относительности и квантовой механики.

Уравнения Максвелла содержали в себе не только описание известных явлений, но и предсказание новых, открытых только впоследствии, в том числе предсказание существования электрической индукции и радиоволн. Они не содержали лишь одного — в них не было ничего относящегося к световому эфиру и его поразительным свойствам.

Эфир просто остался за бортом теории Максвелла, но это никак не мешало ей уверенно помогать развитию науки. Для некоторых ученых эфир стал просто синонимом пустого пространства.

Но, несмотря на то, что через 12 лет Герц обнаружил на опыте предсказанные теорией Максвелла электромагнитные волны, возбуждаемые в его приборах, традиции механистической физики не были сломлены. Многие физики упорно продолжали пытаться подвести под теорию Максвелла ходули привычной наглядности. Одни считали электромагнитные поля Максвелла особыми натяжениями эфира, так же как ранее принимали свет за поперечные волны в эфире.

Другие, продолжая считать эфир реальностью, предпочитали забывать о его противоречивых свойствах, относя его в разряд непознаваемых невесомых субстанций.

ПЕРВАЯ ВЛЮБЛЕННОСТЬ

В это переломное время в науку вошел провинциальный юноша Генрих Антон Лорентц. Он уже год как считался студентом Лейденского университета и даже получил в 1871 году (в 18 лет — небывалый

случай!) диплом кандидата наук с отличием. Он познакомился с теорией Максвелла случайно, обнаружив в библиотеке физической лаборатории университета нераспечатанные конверты со статьями Максвелла.

Эти работы в Лейдене почти никто не читал, так как в них развивались новые, непривычные идеи, изложенные при помощи сложных математических выкладок. Большинству лейденских физиков они были не по зубам. Но юному студенту они показались откровением. Он навсегда подпал под влияние идей великого английского ученого.

Трудно сказать, чего больше в этой главе истории науки: элементов романтики или драмы.

...Лорентц приступает к написанию докторской диссертации, где решает задачу об отражении и преломлении света согласно электромагнитной теории. В этой диссертации двадцатидвухлетний Лорентц с легкостью показывает, как просто решаются теорией Максвелла все загадки отражения и преломления света. Загадки, для разрешения которых в механической теории эфира приходилось наряду со световыми волнами вводить ненаблюдаемые продольные волны эфира. Теория Максвелла не нуждалась в призрачных продольных волнах.

Впоследствии Лорентц, верный своей первой влюбленности, существенно развил теорию Максвелла, введя в нее наряду с электромагнитными полями атомы электрического заряда — электроны. Так в теорию Максвелла были введены элементы атомистики.

Согласно новой теории в безбрежный океан электромагнитных полей вкраплены заряды, сочетания которых образуют все существующие тела. Электромагнитные поля — эти натяжения эфира — проникают всюду, и для них остаются справедливыми уравнения Максвелла. Взаимодействия этих полей и зарядов образуют все многообразие мира. Это был большой шаг вперед, но вместе с тем и своеобразное возвращение к старому. Вот что писал об этом в 1895 году сам Лорентц: «В предполагаемой мною гипотезе

имеется в некотором смысле возврат к старой теории электричества».

Но иначе Лорентц поступить не мог. Он верил, что электромагнитные волны — это особые натяжения эфира, и должен был объяснить, как они возникают. И он представил себе, что волны эфира взаимодействуют с электронами, входящими в состав материальных тел. При этом электромагнитные волны вызывают движения электронов, а движения электронов, в свою очередь, вызывают электромагнитные волны. Таким образом, электронная теория Лорентца, продвигаясь вперед, исходила из представлений, которые сам Максвелл отбросил. Зато она позволила вычислить показатели преломления прозрачных тел и многие другие величины, которые теория Максвелла не могла рассчитать и поэтому просто принимала в качестве характеристик вещества, определяемых из опыта.

При помощи своей теории Лорентц смог сделать ряд тонких предположений. Он предсказал своеобразное расщепление спектральных линий излучения атомов под действием магнитного поля. Это явление вскоре обнаружил соотечественник и друг Лорентца Зееман. Лорентц смог непринужденно объяснить замечательный опыт Физо, открывшего в 1857 году, что текущая вода увлекает за собой свет. Скорость света в текущей воде была больше, чем его скорость в неподвижной воде. Так получалось, если свет шел вдоль течения. А его скорость против течения оказывалась меньшей. Это выглядело непостижимым, пока Лорентц не объяснил странное явление влиянием электронов, находящихся в текущей воде.

Казалось бы, кризис, возникший на почве понимания сущности электромагнитных волн, миновал. Но...

ХВОСТЫ В ЭФИРЕ

Электромагнитная теория и ее улучшенный вариант — электронная теория одерживали одну победу за другой. С их помощью удалось объяснить все

известные в то время явления. На их основе бурно развивалась электротехника. Более того, теория предсказывала еще неизвестные явления, и эти предсказания блестяще сбывались.

Однако существовало одно очевидное следствие, проверка которого требовала чрезвычайно точных измерений. Тогда его называли эфирным ветром.

Возвратимся примерно на девяносто лет назад. В то время ученые не сомневались в том, что океан светоносного эфира, проникающего во все тела, заполняет всю вселенную. Считалось, что эфир повсюду одинаков, неизменен и неподвижен. Он ничем не обнаруживал своего присутствия.

Но из электромагнитной теории следовало, что, наблюдая за распространением света, можно определить, движется ли лаборатория в океане эфира. А так как со времен Галилея никто не сомневался в относительности механических движений, можно было с равным основанием говорить о движении эфира относительно лаборатории, об эфирном ветре.

Один из самых искусных экспериментаторов, физик Майкельсон, решил проверить, можно ли в соответствии с предсказаниями теории определить скорость, с которой Земля, вращаясь вокруг Солнца, перемещается в океане эфира.

Возникал вопрос, как же определить скорость эфирного ветра, то есть нашу скорость в мировом пространстве. Ясно, что для этого надо воспользоваться световыми волнами. Ведь эфир проявлял себя только как носитель световых волн.

Теория предсказывала, что скорость света вдоль и поперек направления движения Земли должна быть различной, причем это различие тем больше, чем быстрее движется Земля. Однако при тех значениях скорости Земли, которые были предварительно оценены из астрономических наблюдений, ожидаемая разность значений скорости в этих двух направлениях должна была быть очень малой.

Для того чтобы обнаружить это различие, Майкельсон построил специальный прибор — интерферометр, в котором луч света при помощи полупрозрач-

ного зеркала расщеплялся на две части, расходящиеся во взаимно перпендикулярных направлениях. Эти лучи в конце своего пути отражались от зеркал и возвращались обратно к полупрозрачному зеркалу, вновь объединявшему их в один луч, при наблюдении которого появлялась система темных и светлых полос.

Положение полос зависело от длины путей обоих лучей и скорости света в этих лучах. При проведении опыта один луч направлялся вдоль направления движения Земли, а второй — перпендикулярно этому направлению. И фиксировалось положение темных и светлых полос на выходе прибора. Затем прибор поворачивался так, что вдоль направления движения Земли шел не первый, а второй луч, и вновь фиксировалось положение темных и светлых полос.

Майкельсон ожидал, что полосы при этом сместятся, так как движение Земли должно было поразному влиять на скорость первого и второго лучей. Однако ожидаемое смещение не наблюдалось. Это было совершенно неожиданно и озадачило ученых.

Опыт был впервые поставлен в 1881 году и повторялся несколько раз в различных условиях со все возрастающей точностью. Но определить таким способом изменение скорости света, то есть обнаружить движение Земли в мировом пространстве, не удавалось. Ученые упорно повторяли этот опыт, но безрезультатно. Скорость света не думала меняться.

Отрицательный результат опыта Майкельсона привел физиков в растерянность. Нужно было срочно освоиться с этим фактом. Первая возможность объяснения состояла в отказе от неподвижности эфира. Достаточно было предположить, что эфир увлекается движущимися телами, и возможность определения скорости тел относительно него исчезла. Но это была слишком искусственная гипотеза. Эфир из твердого тела превращался в странный студень, объединяющий огромную упругость с бесконечной вязкостью. Звезды и планеты должны были тянуть за собой хвосты из эфира. Все другие тела тоже должны были иметь эфирные хвостики, соответствующие их размерам.

Наука не могла примириться со столь странной гипотезой, придуманной для объяснения одного-единственного факта. Ведь, приняв ее, нужно было еще объяснить, как взаимодействуют между собой течения эфира, возбуждаемые движением различных тел, как распространяются световые волны в движущемся эфире и в областях, где течения эфира, постепенно затухая, переходят в океан неподвижного эфира.

Высказывалось и мнение, что эфирный ветер вблизи Земли так слаб, что Майкельсон и его последователи не могли его обнаружить.

Конечно, можно было просто не думать об эфире — исключить его из числа реальных тел, — ведь он никак не входил в уравнения электронной теории. Но это казалось совершенно невозможным. Никто не мог принять этот беспринципный выход, эфир существовал, и нужно было лишь объяснить отсутствие эфирного ветра.

ДВА СПАСИТЕЛЯ

Английский ученый Фицджеральд придумал гораздо более тонкую гипотезу. Он предположил, что все тела, перемещающиеся через эфир, сжимаются, сокращают свои размеры в направлении движения. И тем больше, чем больше их скорость относительно эфира. При этом сокращаются и линейки, а значит, заметить это сокращение (оставаясь в пределах земной лаборатории, если речь идет о Земле) невозможно. Вместе со всеми земными размерами деформируется и интерферометр Майкельсона. Из-за универсальности сокращения тел и линеек это сокращение оставалось незамеченным, что и объясняло отрицательный результат опыта Майкельсона.

Гипотеза сокращения, так же как и гипотеза увлечения, была придумана специально для объяснения отрицательного результата опыта Майкельсона. Никакой другой роли в науке она не играла и стояла в физике особняком. Такие нарочитые гипотезы имеют мало шансов на признание. Чаще всего они бы-

вают ложными. Но в этом случае, казалось, другого выхода не было.

Гипотезой Фицджеральда заинтересовался Лорентц.

Опыт Майкельсона грозил опрокинуть электромагнитную теорию Максвелла, которая исходила из идеи неподвижного эфира. С юных лет питая слабость к этой теории, Лорентц ломал себе голову над целой серией моделей сокращения размеров планет, плавающих в океане эфира, — только бы формулы Максвелла не пострадали! Опыт Майкельсона ниспровергал не только теорию Максвелла, но и задевал вытекающую из нее и являющуюся ее развитием электронную теорию самого Лорентца.

Электронная теория Лорентца вопреки убеждению ее творца, так же как и теория Максвелла, не нуждалась в механическом эфире, но понятие эфира в ней сохранялось, трансформировалось в синоним абсолютного безграничного пространства, введенного в науку еще Ньютоном. Поэтому из теории Лорентца также вытекала возможность обнаружения движения тел в неподвижном пространстве — эфире.

Естественно, Лорентц должен был найти защиту своей теории от сокрушающего «нет» опыта Майкельсона. С этой целью он и обратился к гипотезе Фицджеральда.

В изящной, но чрезвычайно искусственной гипотезе Фицджеральда Лорентц увидел подтверждение существования эфира. Ведь это был первый случай, когда эфир действовал на осязаемые тела. Правда, действие это приводило к тому, что обнаружить движение тела сквозь эфир было невозможно. Но что из этого! Эфир действовал на все тела и действовал одинаково, независимо от их индивидуальных свойств; действовал универсальным образом, как и надлежало столь всепроникающей, необычайной субстанции.

Внимательно анализируя гипотезу Фицджеральда, Лорентц воплотил ее в строгие математические формулы, из которых оказывалось, что в движущихся телах необходимо наряду с сокращением раз-

меров ввести особое время, зависящее от их скорости.

Этот результат был столь необычным и неожиданным, что Лорентц счел его просто математическим приемом, ничуть не посягающим на абсолютное время, введенное в науку Ньютоном вместе с понятием абсолютного пространства.

Так, находясь в плену старых традиций, Лорентц не понял открывшихся перед ним возможностей, выявленных его формулами, и истолковал их в духе классических представлений Ньютона и мирового эфира.

Лорентц не оказался способным на революцию. Но он был честным человеком. Несмотря на то, что он был близок к чуду, к откровению, которое озарило впоследствии Эйнштейна, он никогда не претендовал на пальму первенства в этом вопросе. Он всегда признавал, что не понял того, что понял Эйнштейн, и горячо пропагандировал его теорию.

Рассказывают, что один молодой человек, мечтавший заниматься теоретической физикой, поведал о своей мечте Томсону. И тот отговаривал молодого физика, потому что теоретическая физика, по существу, закончена, что в ней нечего делать. Правда, есть два облачка, добавил он, это неясность с постоянной Планка и с опытом Майкельсона.

Это был канун переворота в физике, канун революции.

РЕВОЛЮЦИЯ В ФИЗИКЕ

Революцию эту произвел гений Эйнштейна.

Глубоко проанализировав всю сумму опытных данных, накопленных физиками более чем за двадцать веков, скромный двадцатипятилетний чиновник патентного бюро в Берне — Эйнштейн, опубликовавший, правда, статью о теории броуновского движения и не понятую никем гипотезу световых квантов, принял в качестве основного закона, что скорость света неизменна при всех условиях.

При таком предположении отрицательный результат опыта Майкельсона был неизбежным: ведь это предположение само было следствием отрицательного результата опыта.

Эйнштейн понял также, что любые явления и процессы происходят совершенно одинаково во всех телах, движущихся по инерции. Этим он распространил на всю физику принцип относительности Галилея, имевший до этого силу только для механики; принцип, который заставляет пассажира, сидящего в вагоне, думать, что его поезд пошел, хотя двинулся только состав, до этого стоявший на соседнем пути.

Сделав два предположения — о постоянстве скорости света и об универсальности принципа относительности, — Эйнштейн не только объяснил загадку опыта Майкельсона, но и открыл новую эру в физике. Из этих предположений родилась теория относительности, вначале ее простейшая часть — специальная теория относительности, объяснявшая опыты, проводимые в лабораториях, движущихся по инерции, а затем и общая, охватывающая также ускоренные движения и силы тяготения.

Но эта теория привела к выводам, показавшимся современникам безумными, — размеры тел, их масса, само течение времени потеряли свой абсолютный характер.

Еще Галилей понял, что никакими механическими приборами невозможно обнаружить движение кареты, если она движется по инерции, а окна закрыты и трение, тормозящее карету, мало́. По мысли Эйнштейна, это невозможно установить не только механическими приборами, но никакими другими опытами, в том числе и оптическими. Это значило, что во всех телах, движущихся по инерции при одинаковых условиях, все процессы происходят совершенно одинаково. Таким образом, совершенно исключается возможность оценивать при помощи этих процессов движение по инерции само по себе. По мнению Эйнштейна, для такой оценки всегда необходимо второе тело, относительно которого движется первое.

Движение по инерции не имеет абсолютного ха-

рактера, оно по своей сути относительно. В этой мысли нет ничего парадоксального. Она естественно вытекает из многовекового опыта человечества. Мы никогда не ощущаем равномерных движений — движений с постоянной скоростью, а ощущаем только толчки — ускорения.

Сочетание принципа относительности движения с фактом постоянства скорости света повлекло за собой много неожиданного. Оказалось, что законы физики, верные и несомненные при малых скоростях, оказываются неверными, приближенными при скоростях, близких к скорости света. Не останавливаясь подробно на эффектах теории относительности и не объясняя их, приведем лишь некоторые из них, чтобы оттенить их внешнюю парадоксальность.

Например, если две ракеты летят навстречу одна другой и приборы в них показывают, что они сближаются со скоростью 240 тысяч километров в секунду, то приборы на Земле покажут иное. Они определят, что каждая из них имеет скорость 150 тысяч километров в секунду, а не 120 тысяч, как это кажется с первого взгляда и получилось бы из принципа относительности Галилея без учета постоянства скорости света. Простой закон сложения скоростей теряет силу и заменяется более сложным. Даже если каждая из ракет летит навстречу другой со скоростью большей чем 150 километров в секунду (по измерениям с Земли), их относительная скорость будет меньше суммы этих скоростей — меньше скорости света, которая является предельной скоростью, недостижимой для материальных тел. Никакие реальные процессы, даже простая передача сигналов по радио, не могут распространяться быстрее.

Но этим дело не кончится.

Земные приборы покажут, что метровые линейки на обеих ракетах укоротились и содержат только 85 земных сантиметров. В то же время приборы на обеих ракетах будут показывать, что укоротился метр на Земле и в нем тоже только 85 «ракетных» сантиметров. Более того, приборы на каждой ракете зафиксируют, что метр на другой ракете укоротился

сильнее, чем земной, и что он содержит только 60 сантиметров той ракеты, где ведется измерение.

То же самое произойдет с часами. Земные часы покажут, что часы на обеих ракетах отстают и проходят только 51 минуту за земной час. А часы на ракетах столь же бесспорно покажут, что отстают земные часы, которые проходят только 51 минуту за «ракетный» час. Но часы чужой ракеты будут отставать еще больше и проходить лишь 36 минут за этот же час.

События, кажущиеся одновременными при наблюдении с Земли, будут неодновременными для пассажиров ракет.

Эти выводы кажутся парадоксальными, но они неизбежно следуют из того факта, что, находясь в состоянии невесомости внутри закрытой ракеты, летящей к звездам, космонавт не чувствует ее движения и не сможет обнаружить этого движения никаким опытом. Но, открыв иллюминаторы и наблюдая внешние явления, космонавт увидит бесконечное многообразие мира, причем то, что он будет видеть и что измерят его приборы, окажется зависимым от скорости его ракеты относительно внешних тел.

Это означает, что пассажирам двух космических ракет, движущихся с разными скоростями, окружающий их мир будет видеться различным. Звезды будут казаться и по цвету и по форме иными и совершенно не такими, какими они видны с Земли. События в различных точках пространства, которые космонавтам одной ракеты кажутся одновременными, другим будут казаться происходящими в разное время.

Из работ Эйнштейна следует, что в ракете, летящей со скоростью, близкой к скорости света, время заметно замедляет свой бег. Что за год, проведенный космонавтом в такой ракете, на Земле могут пройти сотни лет.

Конечно, возникает естественный вопрос, почему время замедляется на ракете, а не на Земле? Ведь их движения относительны, и с точки зрения теории они равноправны.

Но так кажется только с первого взгляда. В дей-

ствительности ракета и Земля равноправны только в то время, когда ракетные двигатели выключены и ракета движется по инерции. Но парадокс возникает только тогда, когда ракета вновь приземлится и можно будет сверить часы, поместив их рядом. А для этого нужно включить двигатели, чтобы повернуть ракету на обратный курс и посадить на Землю. Но во время работы двигателей с ускорением движется именно ракета, а не Земля. В это время они не равноправны и бег времени в ракете изменяется.

До Эйнштейна казалось само собою разумеющимся, что время едино, что на Земле и на отдаленных неподвижных звездах течение времени совершенно одинаково. Однако из теории относительности следует, что не только на быстро движущихся телах, но даже на самой Земле время течет неравномерно, что если поместить одинаковые, достаточно точные часы на поверхности Земли, в глубине ее и высоко на горе, то они будут идти различно.

Правда, этот опыт, при жизни Эйнштейна поставить было невозможно: часов, достаточно точных для проверки этого утверждения, не существовало. Они созданы лишь в наши дни, и теперь появилась возможность проверить на Земле положение теории относительности Эйнштейна, подтвержденное пока лишь наблюдениями спектров «белых карликов» — особых звезд.

Величайший гений нашего времени Альберт Эйнштейн, сам того не ведая, ввел в физику одно из основных понятий диалектического материализма об относительности некоторых наших представлений. Он бесспорно доказал, что даже пространство, масса и время относительны.

Но это не значит, что все в мире относительно, как иногда вульгарно трактуют теорию относительности. В теории Эйнштейна есть понятия абсолютные: это и скорость света, и интервалы, и другие величины, сохраняющие в любых условиях свое абсолютное значение. Просто Эйнштейн понял, что многие понятия, которые до него считались абсолютными, на самом деле относительны. А то, что считалось от-

носительным, оказалось абсолютным. Так что наименование «теория относительности» явно неудачно.

Поначалу выводы теории относительности даже ученым казались пугающими и обезоруживающими. Но когда Эйнштейн продумал все связанные с новой теорией вопросы, противоречия и неожиданные повороты, человечеству открылся мир в еще большей красоте и гармонии.

«Эйнштейн сумел перестроить и обобщить все здание классической физики, — писал Бор, — и тем самым придать нашей картине мира единство, превосходящее все, что можно было ожидать».

МАЛАЯ ВСЕЛЕННАЯ

Но оказалось, что известные ученым законы природы терпят поражение не только при огромных скоростях движения. Недействительны они и в области ничтожно малых размеров. Ученые убедились в этом, когда проникли в мир мельчайших частичек вещества — атомов и молекул.

То, что все разнообразие мира образуется из небольшого числа мельчайших частиц, предполагали еще древние.

Они считали, что свойства тел зависят от формы атомов и их сочетаний. Теплота и огненность, говорили в древности, возникают из различий в форме, положениях и порядке атомов. Теплота и огненность вызываются наиболее острыми и тонкими из них, а тупыми и толстыми вызываются сырость и холод. Точно так же первые порождают свет и яркость, а вторые — сумрак и темноту.

Демокрит приписывал атомам только два свойства — величину и форму, Эпикур добавлял третье — тяжесть.

Но века не могли подтвердить или опровергнуть догадки древних. Периодически ученые то увлекались идеей делимости вещества, то пренебрегали ею. Даже в конце прошлого и начале нашего века было много сомневающихся. Известный современный уче-

ный считает, что «одной из причин, снизивших интерес к атомам, могла быть неопределенность знаний относительно их размеров и числа в единице объема». И добавляет: «Возможно, нелогично, что эта причина имела такие последствия, но для человека как такового это очень естественно».

Но самое поразительное, что первые экспериментальные подтверждения существования атомов не всегда принимались всерьез. Даже тогда, когда физики научились разделять растворы на составные части с помощью электрического тока, то есть осуществили электролиз и убедились в реальном существовании атомов электричества, такой проницательный ученый, как Максвелл, отнесся к этому как к явлению временному. В 1873 году он писал: «Крайне неправдоподобно, что в будущем, когда мы придем к пониманию истинной природы электролиза, мы сохраним в какой-либо форме теорию молекулярных зарядов, ибо мы уже будем иметь надежную основу для построения истинной теории электрических токов и станем таким образом независимыми от этих преходящих гипотез».

Однако «преходящие» гипотезы стали фундаментом современной физики.

В начале XX века развернулся штурм атома. Резерфорд в результате остроумных опытов открыл атомное ядро, и ученые углубились в неведомый дотоле микромир. Проникнув своим дерзким умом в святая святых природы, они, естественно, и здесь попытались применить уже зарекомендовавшие себя законы большого мира, использовать знакомые понятия, образы, аналогии.

Первая модель атома, предложенная Резерфордом: в центре — положительное ядро, вокруг которого вращаются электроны, имела очевидную аналогию с образами вселенной. Это солнечная система в миниатюре, где ядро играет роль центрального светила, а электроны — роль планет.

Но сходство оказалось чисто внешним. Можно без особого труда рассчитать на бумаге движение небесных светил, точно указать расположение их в про-

шлом, предсказать их положения в будущем. Но когда физики попытались проделать ту же операцию с крошечной планетарной системой атома, у них ничего не получилось. Уравнения говорили: такой атом не может существовать! Он неустойчив!

В замешательстве и недоумении ученые проверяли свои расчеты, выискивали ошибки и неточности, повторяли все сначала. Но уравнения были непреклонны: законы физики не допускали существования таких атомов. И виноват в этом был электрон.

ПРОТОКОЛ О НЕОБЪЯСНИМОМ

Крошечный, невидимый сгусток отрицательного электричества открыто попирал, казалось бы, незыблемые законы большого мира. Если верить этим законам, электрон, как всякое заряженное электричеством тело, вращаясь по орбите вокруг ядра, должен терять свою энергию на излучение. Растратив ее, электрон должен приблизиться, притянуться к положительно заряженному ядру и упасть на него. Но на самом деле это никогда не случается.

Временный выход из тупика вскоре дал никому не известный двадцатипятилетний датский физик Нильс Бор. Он предположил, что в атомах существуют устойчивые орбиты, летая по которым электроны не излучают, а поэтому не теряют энергию и не приближаются к ядру.

Это не только не вытекало из классической физики, но прямо противоречило ей. Однако боровский постулат покоился на факте существования атомов.

К сожалению, постулат — это не объяснение, а скорее «протокол о необъяснимом поведении». Это не революция, а конституция, принятая под давлением обстоятельств.

Следующие предположения — постулаты, выдвинутые Бором, связали его модель атома с квантами света и, что самое важное, с закономерностями, давно известными из наблюдений оптических спектров.

Бор предположил, что устойчивые орбиты элек-

тронов в атоме связаны с вполне определенным запасом энергии. Чтобы перейти с орбиты на орбиту, электрон должен поглотить или излучить квант света.

Так Бор ввел в модель атома световой квант — таинственное и не признанное в то время дитя Эйнштейна. Орбиты электронов продолжали напоминать орбиты планет. Но если за многовековую историю астрономии так и не удалось выяснить, чем определяются радиусы этих орбит (законы Кеплера лишь фиксируют отношение их радиусов), Бор сразу связал закономерности орбит электронов с квантованными запасами энергии их движения, а квантовые числа совпали с числами, стоящими в полученных из опыта формулах, связывающих частоты спектральных линий в атомных спектрах.

Построить устойчивую модель атома водорода и связать ее с непонятными до того закономерностями спектральных линий Бору позволило гениальное, но противоречивое соединение идеи квантовых скачков с уравнениями классической механики, категорически не допускающими скачков. Это произвело потрясающее впечатление на современников, гораздо более сильное, чем само открытие планетарной структуры атома.

Но как с физической, так и с философской точки зрения атом Бора не мог считаться решением задачи.

Осталась неясной лишь малость. Почему же электрон, летая по боровской орбите, вопреки классической электродинамике не излучает? В чем состоит механизм перехода с орбиты на орбиту и как в процессе этого перехода рождается или поглощается квант света? Открытым оставался основной вопрос — почему атом устойчив?

Электрон оставался своенравным не только в атоме. И в свободном пространстве он вел себя как-то ненормально с точки зрения ученых, привыкших доверять порядку в мире. Рассматривая электрон как заряженную материальную частицу, физики не могли даже судить о траектории его движения вне атома.

Вот источник, из которого вылетел электрон. Вот щель, через которую он пролетел. Но где, в каком

месте он ударится о фотопластинку, стоящую на его пути? Где появится пятнышко — след этого удара, — заранее предсказать невозможно.

До сих пор физикам все еще не удалось определить размеры электрона и его форму. Известно только, что его радиус по крайней мере меньше, чем одна миллионная радиуса атома. Вместе с тем нельзя считать его точкой, не имеющей размеров. В последнем случае его энергия получается бесконечно большой, что не соответствует действительности.

Таких затруднений классическая физика в большом мире не встречала.

Микромир не подчинялся законам макромира. Теоретический аппарат классической физики безнадежно спасовал. Ее методы не могли помочь ученым разобраться в жизни атома. Она не могла даже ответить на такой насущный вопрос: что представляют собою ядро атома и электроны?

Наиболее четко и образно сформулировал создавшуюся ситуацию Владимир Ильич Ленин: «электрон так же неисчерпаем, как и атом». Непосредственный вывод: ядра и электроны не являются кирпичами, из которых построен мир. Так, может быть, эти кирпичи состоят из еще более мелких строительных деталей?

Но, как удачно выразился писатель О. Писаржевский, «не следует видеть в отдельных частицах вещества, хотя бы в том же электроне, некое подобие куклы-матрешки, состоящей из вложенных одна в другую разъемных скорлупок: раскрывая одну, мы находим в ней другую». Тут все гораздо сложнее, гармоничнее, непостижимее.

ПОРЫВ СТРАСТИ

Ученые, возможно, отличаются от других людей только тем, что слово «почему» действует на них особенно сильно. Волнует, как порыв страсти, порождающий сверхчеловеческие силы.

В 1911 году молодой француз, начавший самостоятельную жизнь с получения степени бакалавра, а затем лиценциата литературы (по разделу истории), через брата-физика познакомился с рядом докладов, обсуждавшихся на физическом конгрессе. Доклады были посвящены квантам.

— Со всей страстностью, свойственной молодости, я увлекся обсуждавшимися проблемами и решил посвятить свои силы выяснению истинной природы введенных за десять лет до этого в теоретическую физику Максом Планком таинственных квантов, — вспоминает в 1953 году в день своего шестидесятилетия один из замечательных физиков нашего времени, Луи де Бройль.

Он начал работать в лаборатории брата над вопросами рентгеновского излучения и фотоэффекта, а вернувшись в 1919 году из армии, полностью попал под обаяние эйнштейновской теории световых квантов. Его покорило именно то, что маститым немецким ученым казалось подозрительным. Эйнштейн и не претендовал на то, чтобы объяснить при помощи квантов появление цветов тонких пленок — например, радужной окраски разлитой по воде нефти и других интерференционных явлений. Если считать, что свет — только частицы, этого не объяснишь. Творец теории световых квантов оставлял эту задачу волновой оптике. Это легко объяснить, рассматривая свет как волну. Но однобокость каждой из теорий не пугала Эйнштейна. Он считал двойственность закономерной и лежащей в основе природы света. В одних условиях свет существует как непрерывная волна, а в других он не менее реально выступает как поток квантов, которые позднее получили название фотонов — частиц света.

Но Эйнштейн был одинок в своем подходе к природе света. Даже впоследствии, когда он после создания теории относительности был поставлен людьми рядом с Ньютоном, квантовая теория света осталась непонятой и забытой. Она помогла Бору в создании теории атома, но и это не обеспечило ей признания. Сам Эйнштейн, поглощенный все более

трудными задачами, возникавшими по мере развития его основного труда, не возвращался к этим работам.

Демобилизованный связист французской армии поднял эстафетную палочку, положенную Эйнштейном. Еще в ранней молодости его поразила аналогия уравнений, управляющих движением волн и поведением сложных механических систем. Теперь же непостижимое появление целых чисел в правилах, позволяющих вычислять орбиты атома водорода, навело его на мысль о родстве этих правил с законами волнового движения, в которых постоянно возникают простые целые числа.

Руководствуясь идеями Эйнштейна, в частности его соображениями о связи массы и энергии, вытекающими из теории относительности, де Бройль проделал для частиц работу, обратную той, которую Эйнштейн провел для волн света. Эйнштейн связал электромагнитные волны с частицами света; де Бройль связал движение частиц с распространением волн, которые он назвал волнами материи. Около года ушло на кристаллизацию идей, и в конце лета 1923 года в «Докладах Французской академии наук» появились три статьи, три шедевра, в которых были заключены основные принципы новой волновой механики. Впервые было дано простое истолкование непостижимой квантовой устойчивости движений электронов внутри атома, угаданной Бором; показано, как совместить явления интерференции и дифракции, бывшие монопольной сферой волновой теории, с существованием частиц света — фотонов, вопрос, приведший к крушению корпускулярную теорию света Ньютона: дан первый вывод формулы Планка, родившейся в свое время в результате невероятного озарения, завершившего напряженные усилия пробиться по старому тупиковому пути и приведшего к появлению квантовых идей; и, наконец, показана связь между законами движения частиц и знаменитым принципом Ферма, относящимся к движению волн.

Еще год ушел у де Бройля на написание докторской диссертации, в которой идеи волновой механики были развиты и отшлифованы так тонко, что жюри

знаменитой Сорбонны, в состав которого входили такие корифеи французской науки, как Поль Ланжевен и Жан Перрен, без колебаний оценило ее «как бриллиант первой величины».

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МЯСОРУБКА

Прошел год, и загадка микромира была атакована с другой стороны разрушенной линии Мажино. Двадцатипятилетний геттингенец Вернер Гейзенберг опубликовал свою матричную механику.

По темпераменту и научным вкусам он резко отличался от создателей теории световых квантов и волновой механики.

По-видимому, он относился к физике как к увлекательному задачнику, листая который находишь все более интересные, но более трудные задачи. Конечно, в задачнике излагаются только условия — решение требуется найти. Контроль же выполняет верховный судья — его величество опыт. Когда решение найдено, оно из Великого задачника природы переходит в учебники и задачники для студентов, а может быть, и для школьников.

Ученый должен листать задачник природы дальше.

Все простые задачи давно решены. Для новых классические методы решения оказались непригодными. Здесь каждый предоставлен самому себе. Все зависит от смелости, остроумия и настойчивости. Единственная область атомной физики, куда удалось проникнуть, — это атом водорода. Штурм этой крепости удался благодаря гениальной непоследовательности Бора. Что могло быть надуманнее его рецепта? Сочетать старые уравнения механики с подобранными «правилами квантования»!

Но победителей не судят. Наоборот, им надо подражать. Надо найти рецепт, при помощи которого условия задачи превращаются в решения. Если решения подтверждаются опытом, то стоит ли задумываться о промежуточных действиях? Нужно ли шаг за шагом осмысливать ход решения, разбирать ме-

ханизм «машины», следить за работой ее «математических шестеренок»?

Матричная механика Гейзенберга — воплощение подобной идеи. Исходные данные задачи записываются при помощи математических символов, образующих таблицу — матрицу. Затем матрица преобразуется по специально разработанным правилам. И... на выходе этой математической мясорубки получается правильное решение.

Матричная механика в известном смысле освобождала теоретика от необходимости... думать. Действительно, основной труд уходил на освоение непривычных математических методов. Дальше все шло удивительно просто. Нужно было записать условия очередной задачи в символической матричной форме (для этого, конечно, нужно поломать голову). Но дальше можно действовать по раз навсегда разработанным правилам. В конце этой почти механической работы возникало решение. Разглядеть его среди леса формул всегда помогал опыт.

Так была прорублена еще одна просека в дремучем лесу микромира.

ТРЕТЬЯ АТАКА

Весной 1926 года молодой профессор из Цюриха Эрвин Шредингер по-приятельски познакомил де Бройля со статьями, написанными под влиянием его работ.

Де Бройль пришел в восторг. Дебри и завалы на пути к истине были основательно расчищены. Шредингер получил замечательное уравнение, известное теперь под названием волнового. Он показал, что в сложных случаях, когда в процессе участвует сразу много частиц, соответствующая волна, описывающая их движение, становится очень сложной. Она уже не помещается в пределах обычного трехмерного пространства. Для ее описания нужно вообразить пространство со многими измерениями!

Так в физику микромира прочно вошло абстракт-

ное многомерное пространство, дотоле бывшее многолетней вотчиной классической физики.

Самое удивительное, что характеристики многомерной волны, полученной Шредингером, совпали с элементами матриц Гейзенберга, получающимися при решении соответствующих задач.

Этим Шредингер показал глубокое родство матричной механики Гейзенберга и волновой механики. Он обнаружил также, что задачи, возникающие при построении теории атома, во многом сходны с чисто механическими задачами колебания мембраны. И там и здесь главную роль играют ряды небольших целых чисел, введенных в модель атома интуицией Бора и давно известных механикам и акустикам.

В понимании Шредингера квантовые числа Бора определялись просто числом дебройлевских волн электрона, укладывающихся на его орбите.

Так, в результате вдохновенной работы де Бройля, Гейзенберга и Шредингера родилась новая квантовая механика, удивительное, не совсем понятное, заряженное математической взрывчаткой оружие для дальнейших походов в микромир.

А через год, весной 1927 года, Девиссон и Джермер, два инженера из американской промышленной лаборатории, занимавшиеся вопросами технического использования электроники, неожиданно для себя сделали важнейшее физическое открытие. Они совершенно случайно, не стремясь к этому, обнаружили дифракцию электронов. При прохождении пучка электронов через кристалл на фотопластинке получались такие же картины, как при прохождении рентгеновых лучей. Волновая природа электронов, предсказанная теорией, была подтверждена опытом. Началось триумфальное шествие новой теории.

Но это было странное шествие. Теория раскалывала все более и более твердые орешки, подбрасываемые ей экспериментаторами, но не могла ответить на некоторые подкупающе простые вопросы. Например, если было точно известно положение электрона, оказывалось невозможным определить его скорость и наоборот. Это казалось платой за приписывание части-

цам волновых свойств. Причина оставалась неясной. Это была кавалерийская атака без обеспечения тылов. Она не могла продолжаться долго.

КОПЕНГАГЕНСКИЙ «КОТЕЛ»

В это время Копенгаген стал одним из наиболее активных центров развития теоретической физики, где вокруг Бора в непринужденной обстановке группировалась творческая молодежь из многих стран. Напряженная работа, начинавшаяся в аудиториях, библиотеке и небольших кабинетах, продолжалась за обеденным столом, во время вечерних прогулок, за столиками кафе. Здесь все были равны. Только что принятый аспирант ожесточенно спорил с самим Бором, и «сам» не считал зазорным признать, если оказывалось, что ошибается именно он.

Шредингер, который в течение некоторого времени пытался отказаться от квантовых скачков и полностью заменить в атоме электроны-частицы трехмерными волнами материи, осенью 1926 года приехал в Копенгаген, чтобы в горниле дискуссии апробировать свои работы. В результате было установлено, что так не только нельзя построить непротиворечивую теорию атома, но даже не удается объяснить планковский закон излучения черного тела.

Шредингер уехал, проклиная затею с квантовыми скачками. «Если мы собираемся сохранить эти проклятые квантовые скачки, — сокрушался он, — то я жалею, что вообще имел дело с квантовой теорией!»

Копенгагенская дискуссия продолжала бушевать много месяцев подряд. Споры тянулись до глубокой ночи. Надежда на просвет сменялась разочарованием. Это был один из замечательных «котлов» коллективного научного творчества. Гейзенберг вспоминает: «И когда я после таких обсуждений предпринимал прогулку в соседний парк, передо мной снова и снова возникал вопрос, действительно ли природа может быть такой абсурдной, какой она предстает перед нами в этих атомных экспериментах».

Вновь и вновь обсуждалась работа Бора, Крамерса и Слетера, которые еще в 1924 году пытались устранить противоречие между волновой и корпускулярной картинами. Они считали электромагнитные волны не реальными полями, а волнами вероятности, показывающими, где скорее всего должен появиться квант света — фотон. Но эта упрощенная точка зрения оказалась неверной. Она приводила, в частности, к возможности нарушения закона сохранения энергии в элементарных актах, а это было недопустимым прегрешением против святая святых природы.

Закон сохранения энергии не мог быть нарушен. Взаимосвязь между волновой и корпускулярной картинами должна была быть более сложной. Однако идея вероятностной интерпретации вновь и вновь порывалась на поверхность копенгагенского «котла».

Использовав идеи Шредингера, Макс Борн предположил, что волна вероятности — это не трехмерная волна, аналогичная радиоволнам, свету или упругим волнам, а шредингеровская волна в многомерном пространстве. Это уже не волна материи, не материальный заменитель электрона, фотона или другой частицы, а абстрактный математический образ, тесно связанный с этими частицами. Борн предположил, что квадрат от амплитуды (высоты) этой незримой нематериальной волны определяет вероятность появления частицы в данном месте и в данный момент. Представить эту волну как нечто материальное невозможно и не нужно, но она удивительным образом позволяла согласовать теорию с экспериментом.

Эта трактовка не приводила к нарушению закона сохранения энергии. Но оставалось много неясностей: как определять, например, такую основную и, казалось, простую величину, как скорость частицы?

ДОРОГАЯ ЦЕНА

Выход из положения снова указал Гейзенберг.

Стремясь к формальной стройности теории и много размышляя над философией проблемы, он сфор-

мулировал знаменитое соотношение неопределенностей. Оно было предельно просто: произведение ошибок в определении положения частицы и ее скорости не может быть меньше определенной величины, тесно связанной со знаменитым квантом, введенным еще Планком.

Гейзенберг не давал математического анализа истоков этого соотношения. Он вывел его из простого мысленного эксперимента и показал, что на опыте оно всегда справедливо. Он продемонстрировал новые возможности, открывающиеся, если признать это соотношение, в качестве основного закона микромира.

Новое соотношение, возведенное в ранг принципа неопределенности, позволило придать квантовой механике формальное совершенство и внутреннюю непротиворечивость. Но эти преимущества оказались оплаченными дорогой ценой. Квантовой механике пришлось отказаться от детального, наглядного описания процессов.

Исчезла наглядность, столетиями помогавшая ученым в их путешествиях по дебрям неведомого. Нельзя было даже мысленно проследить за траекторией движения электрона — ведь для этого нужно было одновременно знать его положение и скорость, а теория объявила это невозможным. Теории пришлось даже отказаться от возможности подробного анализа причин явлений микромира. Новая теория разорвала цепь бытия.

«Пала связь времен. Зачем же я связать ее рожден?» — вероятно, задавали себе не раз гамлетовский вопрос физики, приговорившие себя к добровольной каторге на галерах микромира. От привычной канвы событий остались отдельные звенья, связанные лишь нематериальными математическими формулами. Можно было вычислить лишь вероятность того, что за данной причиной наступит определенное следствие.

В науку вторглась случайность, но не случайность классической физики, бывшая лишь результатом отказа от чересчур громоздких вычислений в очень

сложных задачах, а новая случайность, которая приобретала принципиальный характер. Выявились новые вероятностные закономерности, управляющие микромиром.

Оказывалось, что природа устроена так, что в ней не всегда действуют простые механические причинные связи.

Это была знаменитая копенгагенская интерпретация, родившаяся в результате ожесточенных споров и напряженного творчества многих ученых.

Ее положения совершенствовались и уточнялись еще в продолжение длительного времени в ходе новых широких дискуссий.

ДВОЙНОЕ РЕШЕНИЕ

Ученым старшего поколения — Лорентцу, Эйнштейну, Планку и многим другим, стихийно стоявшим на позициях материализма, копенгагенская интерпретация казалась неприемлемой.

Они считали, что классическая причинность является непременным элементом природы и всякая физическая теория должна быть способна однозначно описывать связь между причиной и следствием.

Замечательный французский физик Ланжевен, например, называл разговоры о крахе причинности интеллектуальным развратом. Все они не сомневались в том, что частицы и поля существуют в пространстве и что движение частиц — это перемещение из одной точки пространства в другую. Если бы частица окрашивала свой путь в пространстве, мы должны были бы видеть ее след; точки, в которых она побывала, должны слиться в непрерывную линию — траекторию. Копенгагенская интерпретация заменяла эту линию толстым шнуром, темным в середине и постепенно светлеющим по краям. По оси этого шнура лежит наиболее вероятная траектория, но частица может оказаться сколь угодно далеко от нее, а затем вновь обнаружится вблизи середины. Вероятност-

ная интерпретация не позволяет одновременно предсказать точное значение положения частицы и ее скорости. Понятие определенной траектории заменяется облаком вероятности.

Против такой интерпретации восставал и де Бройль, считавший задачей физической теории подробное описание явлений микромира и не допускавший отказа от классической причинности. Шредингер тоже считал эти затруднения недостатком теории.

Но, несмотря на настойчивые усилия де Бройля, ему не удалось создать математического аппарата, позволяющего во всех деталях проследить за ходом событий микромира.

Он исходил из того, что в будущей теории понятия волны и частицы должны сохранить свой обычный характер. Частицу следует рассматривать, следуя образному выражению Эйнштейна, как горб — некоторую особенность — на хребте волны.

Но как осуществить эту программу?

В результате напряженных усилий де Бройль пришел к тому, что он назвал «теорией двойного решения». Суть этой теории в том, что уравнения волновой механики должны допускать два решения — одно, обладающее «особенностью», должно реально представлять существующую частицу, другое — совершенно «гладкое» — должно давать лишь вероятностное описание перемещения облака частиц.

Однако математическое обоснование этой теории, полученное де Бройлем, не удовлетворило его, поэтому, опубликовав программную статью, он не развил этих идей и перешел к более осторожной теории волны-лоцмана, в соответствии с которой волна, получающаяся в решениях уравнений квантовой механики, указывает дорогу движению частицы.

Здесь он отказался от включения частицы в волну, но, отдавая должное корпускулярно-волновой двойственности, сохранил интуитивное понятие о точечной частице, перемещающейся в пространстве в соответствии с законом причинности.

ВЕЛИКИЙ СПОР

Так обстояли дела в конце 1927 года, когда крупнейшие физики собрались в Брюсселе, чтобы коллективно обсудить создавшееся положение.

Председательствовавший патриарх физиков Лоренц во вступительном слове провозгласил свое убеждение в справедливости классического принципа причинности и необходимости описания физических явлений в рамках пространства и времени.

Он сказал: «Для меня электрон является частицей, которая в заданный момент времени находится в определенной точке пространства, и если у меня возникла идея, что в следующий момент частица вообще находится где-то, то я должен подумать о ее траектории, которая является линией в пространстве. Картина, которую я хочу создать себе о явлениях, должна быть совершенно четкой и определенной».

Лоренц, последний из классиков, был явно обеспокоен чрезмерными абстракциями новой квантовой теории. Желание сохранить в науке образность и наглядность классических представлений было его завещанием новому поколению физиков. Завещанием потому, что через три месяца после конгресса Лоренц умер.

Конгресс стал ареной самой напряженной дискуссии, которую только знала история науки.

Бор изложил новую точку зрения, выработанную им вместе с Гейзенбергом и другими участниками копенгагенских раздумий. Суть ее вкратце сводилась к тому, что следует отказаться от детального описания поведения микрочастиц в каждый момент времени, нужно отказаться от попыток представить себе их траектории и удовлетвориться вычислением вероятности наблюдения того или иного события, того или иного результата опыта.

Бор сформулировал новый принцип, который он назвал принципом дополнительности и который фиксировал, что объекты микромира в одних случаях выступают в качестве частиц, а в других — ведут себя подобно волнам и что (в этом был централь-

ный пункт) невозможно одновременно точно установить как их корпускулярные, так и их волновые свойства. Одно исключает другое, но совместно дают полное описание природы частиц.

Бор настаивал на этой точке зрения. Эйнштейн резко возражал. Он был против вероятностной интерпретации и настаивал на полном сохранении принципа причинности, на необходимости объединения двойственности в единой физической теории.

Бор остроумно парировал возражения Эйнштейна.

Основным аргументом, однако, оказалось отсутствие точной теории микромира, в то время как квантовая механика, покоящаяся на соотношении неопределенностей, одерживала успех за успехом. Эйнштейн и другие оппоненты могли только возражать, могли указывать слабые места интерпретации Бора, но не могли предложить ничего лучшего.

Большинство ученых постепенно стало на точку зрения Бора, и его интерпретация квантовой механики, получившая наименование «копенгагенской», восторжествовала. И атаки на нее поутихли на долгое время.

Конечно, и в этот период Эйнштейн и многие другие физики продолжали уточнять и обосновывать свои возражения, но ничего могущего заменить вероятностную интерпретацию они создать не смогли.

Это была своего рода оборона против активно наступавшей копенгагенской интерпретации. Контратаковать ее пытался лишь де Бройль. Вернувшись из Брюсселя в Париж, он в спокойной обстановке восстановил ход дискуссии на конгрессе и окончательно признал, что возражения против теории волны-лоцмана неопровержимы. Ведь волна, рассматриваемая как носитель вероятности, действительно могла определить лишь вероятное положение траектории, а не истинный путь частицы, если даже такой существует. А в том, что траектория, как истинный путь частицы, существует, де Бройль не сомневался. Более того, он был убежден, что теория двойного решения может его указать. Но, пишет он, обескураженный математическими трудностями, «я полностью отка-

зался от попыток детерминистического истолкования волновой механики и полностью присоединился к концепциям Бора и Гейзенберга».

Бессилие заставило де Бройля признать точку зрения, в которую он не верил.

Систематически боролись с копенгагенской интерпретацией советские физики А. Д. Александров, Д. И. Блохинцев, В. А. Фок и многие другие. Они указывали на пороки этой интерпретации. Но и они больше преуспели в решении актуальных физических и технических задач, чем в глубоком обосновании квантовой теории. Им тоже не удалось пока создать замкнутой теории с соответствующим математическим аппаратом, удовлетворяющей всем сформулированным ими требованиям.

ПРОДОЛЖЕНИЕ СЛЕДУЕТ

Дальнейшее развитие квантовой физики, ее поразительные успехи в теории атомов и молекул и многое другое, о чем будет рассказано в этой книге, проходило на фоне вероятностной интерпретации.

Многих она не удовлетворяла, но ничего лучшего не существовало, а она помогала решать все более сложные задачи, вела физиков все глубже в тайны микромира. Проблема элементарных частиц вновь и вновь со всей остротой ставила вопрос о структуре квантовой физики.

Все больше и больше данных свидетельствует о том, что разобраться в строении элементарных частиц при помощи существующих теорий невозможно. Нужна новая революция. Необходимо идейное перевооружение.

Работа над созданием новой теории микромира активно ведется в СССР, США, Англии, Франции, Японии и других странах, но огромные математические трудности не позволяют утверждать, что она скоро кончится успехом.

Возможно, что наряду с двумя основными постоянными — скоростью света и постоянной План-

ка — придется ввести третью постоянную, например элементарную длину, величину, близкую к диаметру атомного ядра.

Может быть, новая теория должна быть построена на какой-нибудь более радикальной идее, которая пока еще не родилась. Несомненно, ученым предстоит еще много раз находить и ошибаться. Развитие науки беспредельно, но легких путей в ней нет. Здесь уместно сказать словами де Бройля: каждый успех наших знаний ставит больше проблем, чем решает. И в этой области каждая новая открытая земля позволяет предполагать существование еще неизвестных нам необъятных континентов.

* * *

Итак, на рубеже нашего века на базе классической физики родилась новая физика. Это отнюдь не значило, что все ранее сделанное учеными отвергалось и заменялось иными взглядами, иными толкованиями. Так думать было бы большой ошибкой! Действительно, классическая физика, открывшая людям глаза на многие явления природы, ответившая на массу вопросов, стала в тупик перед миром больших скоростей и миром ничтожно малых частичек материи. На этой почве и возникли теория относительности и квантовая механика.

Но это вовсе не значит, что все сделанное предшествующими учеными перечеркивалось. Почти в каждой теории есть рациональное зерно, и она решает какую-то часть проблемы. Это решение и входит в основу более совершенной теории. Да, классическая физика не могла справиться с нагретым телом. Планк, введя в классическую термодинамику понятие дискретности, построил более полную теорию излучения, и призрак ультрафиолетовой смерти рассеялся сам собой. Да, классическая физика не могла объяснить явление фотоэффекта. Эйнштейн, разгадав прерывистую сущность света, объяснил его.

Конечно, квантовая теория не всесильна. Объяснив процесс излучения нагретого тела и фотоэффект, она тем не менее до сих пор не может справиться

со многими загадками микромира. Но Эйнштейн считал это не трагичным, а вполне естественным, отражающим двойственный характер природы материи. Вот почему волновая теория света Гюйгенса, хоть она и опиралась на ложное подобие световых волн со звуковыми, не была полностью ошибочной. Заблуждения Гюйгенса заставили Френеля искать выход из положения, и он нашел его в эфире, поперечными колебаниями которого считал свет. А так как свет — это действительно (в одной из своих сущностей) волна, то формулы Гюйгенса и Френеля верны и сегодня.

Противоречия, которые возникали в ряде случаев из их теорий, конечно, беспокоили ученых. И настал момент, когда один из них, Максвелл, понял, что свет — это не продольные гюйгенсовские волны и не френелевские поперечные волны эфира, а существующие сами по себе электромагнитные волны — волны совершенно самостоятельного электромагнитного поля. И только благодаря тому, что традиции и научное мышление обладают большой инерционностью, ученые еще долго не могли отказаться от механистического взгляда на мир. И Лорентц поневоле сделал шаг назад, привязав абстрактные максвелловские электромагнитные волны к электронам — атомам электричества. Но это был и шаг вперед, так как впервые идея атомизма была введена в электрические явления. Это имело и другие положительные последствия. Так как электромагнитное поле — это действительно и волна и частицы, то электронная теория Лорентца, ее математический аппарат помог вычислить те величины (например, показатели преломления прозрачных тел), которые чисто волновой теории Максвелла приходилось брать из опыта. Так происходит эволюция человеческих знаний: опыт поколений плюс свежий взгляд на вещи.

Спор вокруг дерзкой идеи Максвелла, желание во что бы то ни стало сохранить вездесущий эфир подготовили почву для возникновения теории относительности. И теория поперечных колебаний эфира Френеля и теория Максвелла оставляли возможность определения скорости движения тел в эфире. Это

экспериментально опроверг Майкельсон. После целой серии опытов он убедился, что это невозможно. Чтобы увязать этот факт с существующими взглядами, Фицджеральд и Лорентц придумали искусственную гипотезу. Эйнштейн же не стал топтаться на месте, а сделал решительный шаг. Он допустил кощунственную мысль о том, что скорость света в пустоте всегда постоянна.

Так, исходя из этого предположения и старой теории относительности Галилея, который утверждал, что в плавно движущихся телах невозможно измерить их абсолютную скорость, если не сравнивать ее со скоростью какого-нибудь другого тела, Эйнштейн пришел к выводу о том, что при скоростях, сравнимых со скоростью света, понятия о времени, массе и размерах становятся понятиями относительными и законы физики, действующие при малых скоростях, неприемлемы при околосветовых.

Как видите, законы классической физики не отменялись, но там, где они оказывались беспомощными, рождались новые идеи, которые составили фундамент сегодняшней физики. Наиболее обновлен фундамент физики микромира. Здесь классическая физика потерпела наибольшее количество поражений. Если с макромиром она кое-как ладит, то в делах микромира она почти что не имеет права голоса. Она совершенно не в состоянии объяснить законы существования таких микротел, как элементарные частицы. На этой почве возник целый ряд теорий и методов (часто формальных), с помощью которых ученые пытаются понять строение ядра атома и микрочастиц. Окончательной теории элементарных частиц до сих пор нет. Это та область новой физики, где работы ведутся в три смены, днем и ночью.

...Ученые продолжают непрестанный скромный и титанический труд.

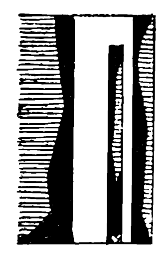
А пока расскажем о некоторых «безумных» идеях, о нескольких замечательных открытиях, потрясших человечество после 1927 года. Они покоятся на трех китах — квантовой теории, теории относительности и все более точном эксперименте.

С НЕБА НА ЗЕМЛЮ

Радость видеть и понимать есть самый прекрасный дар природы.

ЭЙНШТЕЙН

ЗАГАДКА НЕБЕСНОЙ ЛАЗУРИ



очему небо голубое?...

Нет такого человека, который не задумался над этим хоть раз в жизни.

Объяснить происхождение цвета неба старались уже средневековые мыслители. Некоторые из них предполагали, что синий цвет — это истинный цвет воздуха или какого-нибудь из составляющих его газов. Другие думали, что настоящий цвет неба черный — такой, каким оно выглядит ночью. Днем же черный цвет неба складывается с белым — солнечных лучей, и получается... голубой..

Сейчас, пожалуй, не встретишь человека, который, желая получить голубую краску, стал бы смешивать черную и белую. А было время, когда законы смешения цветов были еще неясны. Их установил всего триста лет назад Ньютон.

Ньютон заинтересовался и тайной небесной лазури. Он начал с того, что отверг все предшествующие теории.

Во-первых, утверждал он, смесь белого и черного никогда не образует голубого. Во-вторых, голубой цвет — это совсем не истинный цвет воздуха. Если бы это было так, то Солнце и Луна на закате казались бы не красными, как это есть в действительно-

сти, а голубыми. Такими выглядели бы и вершины отдаленных снежных гор.

Представьте, что воздух окрашен. Пусть даже очень слабо. Тогда толстый слой его действовал бы как окрашенное стекло. А если смотреть сквозь окрашенное стекло, то все предметы покажутся такого же цвета, как это стекло. Почему же отдаленные снежные вершины представляются нам розовыми, а вовсе не голубыми?

В споре с предшественниками правда была на стороне Ньютона. Он доказал, что воздух не окрашен.

Но все же загадку небесной лазури он не разрешил. Его смутила радуга, одно из самых красивых, поэтичных явлений природы. Почему она неожиданно возникает и столь же неожиданно исчезает? Ньютон не мог удовлетвориться бытовавшим суеверием: радуга — это знамение свыше, она предвещает хорошую погоду. Он стремился отыскать материальную причину каждого явления. Нашел он и причину радуги.

Радуга — это результат преломления света в дождевых каплях. Поняв это, Ньютон сумел вычислить форму радужной дуги и объяснить последовательность цветов радуги. Его теория не могла объяснить лишь возникновение двойной радуги, но это удалось сделать лишь три века спустя при помощи очень сложной теории.

Успех теории радуги загипнотизировал Ньютона. Он ошибочно решил, что голубая окраска неба и радуга вызываются одной и той же причиной. Радуга действительно вспыхивает, когда лучи Солнца пробиваются сквозь рой дождевых капель. Но ведь голубизна неба видна не только в дождь! Напротив, именно в ясную погоду, когда нет даже намека на дождь, небо особенно сине. Как же не заметил этого великий ученый? Ньютон думал, что мельчайшие водяные пузырьки, образующие по его теории только голубую часть радуги, плавают в воздухе при любой погоде. Но это было заблуждением.

ПЕРВОЕ РЕШЕНИЕ

Прошло почти 200 лет, и этим вопросом занялся другой английский ученый — Рэлей, не убоявшийся того, что задача оказалась не по силам даже великому Ньютону.

Рэлей занимался оптикой. А люди, посвятившие свою жизнь исследованию света, много времени проводят в темноте. Посторонний свет мешает тончайшим опытам, поэтому окна оптической лаборатории почти всегда затянуты черными, непроницаемыми шторами.

Рэлей часами оставался в своей мрачной лаборатории один на один с пучками света, вырывающимися из приборов. На пути лучей кружились как живые пылинки. Они были ярко освещены и поэтому выделялись на темном фоне. Ученый, возможно, подолгу в задумчивости следил за их плавными движениями, подобно тому как следит человек за игрой искр в камине.

Не эти ли пылинки, танцующие в лучах света, подсказали Рэлею новую мысль о происхождении цвета неба?

Еще в глубокой древности стало известно, что свет распространяется прямолинейно. Это важное открытие мог сделать уже первобытный человек, наблюдая, как, пробиваясь сквозь щели шалаша, солнечные лучи падают на стены и пол.

Но вряд ли его беспокоила мысль, почему же он видит световые лучи, глядя на них сбоку. А тут есть над чем задуматься. Ведь солнечный свет идет лучом от щели к полу. Глаз же наблюдателя расположен в стороне и тем не менее видит этот свет.

Мы видим и свет от прожектора, направленного в небо. Это значит, часть света каким-то образом отклоняется от прямого пути и направляется в наш глаз.

Что же заставляет его свернуть с пути? Оказывается, те самые пылинки, которыми полон воздух. В наш глаз попадают лучи, рассеиваемые пылинками; лучи, которые, встречая препятствия, сворачива-

ют с дороги и распространяются по прямой от рассеивающей пылинки к нашему глазу.

«Не эти ли пылинки окрашивают небо в голубой цвет?» — подумал однажды Рэлей. Он провел математический расчет, и догадка превратилась в уверенность. Он нашел объяснение синего цвета неба, красных зорь и голубой дымки! Ну конечно же, мельчайшие пылинки, размеры которых меньше длины волны света, рассеивают солнечный свет и тем сильнее, чем короче длина его волны, — объявил Рэлей в 1871 году. А так как фиолетовые и синие лучи в видимом солнечном спектре имеют самую маленькую длину волны, то они рассеиваются наиболее сильно, придавая небу голубую окраску.

Этому расчету Рэлея подчинились Солнце и снежные вершины. Они даже подтвердили теорию ученого. На восходе и закате, когда солнечный свет проходит через наибольшую толщу воздуха, фиолетовые и синие лучи, говорит теория Рэлея, рассеиваются наиболее сильно. При этом они отклоняются от прямого пути и не попадают в глаза наблюдателю. Наблюдатель видит главным образом красные лучи, которые рассеиваются гораздо слабее. Поэтому на восходе и закате солнце кажется нам красным. По той же причине кажутся розовыми и вершины отдаленных снежных гор.

Глядя же на чистое небо, мы видим сине-голубые лучи, отклоняющиеся вследствие рассеяния от прямолинейного пути и попадающие в наши глаза. Да и дымка, которую мы иногда видим у горизонта, тоже кажется нам поэтому голубой.

ДОСАДНЫЙ ПУСТЯК

Не правда ли, красивое объяснение? Им так увлекся сам Рэлей, ученые так поразились стройности теории и победе Рэлея над Ньютоном, что никто из них не заметил одной простой вещи. А этот пустяк тем не менее должен был совершенно изменить их оценку.

Кто же будет отрицать, что вдали от города, где в воздухе гораздо меньше пыли, голубой цвет неба особенно чист и ярок? Трудно было отрицать это и самому Рэлею. Следовательно... не пылинки рассеивают свет? Тогда что же?

Он снова пересмотрел все свои расчеты и убедился, что его уравнения верны, но это значит, что рассеивающими частицами действительно являются не пылинки. Кроме того, пылинки, которые присутствуют в воздухе, гораздо больше длины волны света, и расчеты убедили Рэлея, что большое скопление их не усиливает голубизну неба, а, наоборот, ослабляет. Рассеяние света на крупных частицах слабо зависит от длины волны и поэтому не вызывает изменения его окраски.

При рассеянии света на крупных частицах и рассеянный и прошедший свет остается белым, поэтому появление в воздухе крупных частиц сообщает небу белесый цвет, а скопление большого количества крупных капелек обусловливает белый цвет облаков и тумана. Это легко проверить на обычной папиросе. Дым, выходящий из нее со стороны мундштука, всегда кажется белесым, а дым, поднимающийся с ее горящего конца, имеет голубоватый цвет.

Мельчайшие частицы дыма, поднимающегося над горящим концом папиросы, имеют размеры меньшие, чем длина световой волны, и в соответствии с теорией Рэлея рассеивают преимущественно фиолетовый и синий цвет. Но при прохождении через узкие каналы в толще табака частицы дыма слипаются между собой (коагулируют), объединяясь в более крупные комочки. Размеры многих из них становятся больше, чем длины волн света, и они рассеивают все волны света примерно одинаково. Именно поэтому дым, идущий со стороны мундштука, кажется белесым.

Да, спорить и защищать теорию, основанную на пылинках, было бесполезно.

Итак, загадка голубого цвета неба снова возникла перед учеными. Но Рэлей не сдавался. Если голубой цвет неба тем более чист и ярок, чем чище

атмосфера, рассуждал он, значит окраска неба не может быть обусловлена не чем иным, как молекулами самого воздуха. Молекулы воздуха, писал он в своих новых статьях, — вот те мельчайшие частицы, которые рассеивают свет солнца!

На этот раз Рэлей был очень осторожен. Прежде чем сообщить о своей новой идее, он решил проверить ее, каким-нибудь образом сверить теорию с опытом.

Случай представился в 1906 году. Рэлею помог американский астрофизик Аббот, изучавший голубое свечение неба в обсерватории на горе Маунт-Вильсон. Обрабатывая результаты измерения яркости свечения неба на основе теории рассеяния Рэлея, Аббот подсчитал число молекул, содержащихся в каждом кубическом сантиметре воздуха. Получилось грандиозное число! Достаточно сказать, что если раздать эти молекулы всем людям, населяющим земной шар, то каждому достанется по 10 с лишним миллиардов этих молекул. Короче говоря, Аббот обнаружил, что в каждом кубическом сантиметре воздуха при нормальной температуре и давлении атмосферы содержится 27 миллиардов раз по миллиарду молекул.

Количество молекул в кубическом сантиметре газа можно определить разными способами на основе совершенно различных и независимых между собой явлений. Все они приводят к близко совпадающим результатам и дают число, называемое числом Лошмидта.

Это число хорошо знакомо ученым, и не раз оно служило мерилом и контролем при объяснении явлений, происходящих в газах.

И вот число, полученное Абботом при измерении свечения неба, с большой точностью совпало с числом Лошмидта. А ведь он при расчетах пользовался теорией рассеяния Рэлея. Таким образом, это наглядно доказывало, что теория верна, молекулярное рассеяние света действительно существует.

Казалось, теория Рэлея была надежно подтверждена опытом; все ученые считали ее безупречной.

Она стала общепризнанной и вошла во все учебники оптики. Можно было вздохнуть спокойно: наконец-то найдено объяснение явления — такого привычного и вместе с тем загадочного.

Тем более удивительно, что в 1907 году на страницах известного научного журнала вновь был поставлен вопрос: почему же небо голубое?!.

СПОР

Кто же дерзнул подвергнуть сомнению общепризнанную рэлеевскую теорию?

Как ни странно, это был один из самых горячих поклонников и почитателей Рэлея. Пожалуй, никто так не ценил и не понимал Рэлея, не знал так хорошо его работ, не интересовался его научным творчеством так, как молодой русский физик Леонид Мандельштам.

— В характере ума Леонида Исааковича, — вспоминал впоследствии другой советский ученый, академик Н. Д. Папалекси, — было много общего с Рэлеем. И не случайно, что пути их научного творчества часто шли параллельно и неоднократно перекрещивались.

Перекрестились они и на сей раз, в вопросе о происхождении цвета неба. До этого Мандельштам в основном увлекался радиотехникой. Для начала нашего века это была совершенно новая область науки, и в ней мало кто разбирался. После открытия А. С. Попова (в 1895 году) прошло всего несколько лет, и здесь был непочатый край работы. За короткий период Мандельштам выполнил много серьезных исследований в области электромагнитных колебаний применительно к радиотехническим устройствам. В 1902 году он защитил диссертацию и в двадцать три года получил степень доктора натуральной философии Страсбургского университета.

Занимаясь вопросами возбуждения радиоволн, Мандельштам, естественно, изучал труды Рэлея, который был признанным авторитетом в исследовании

колебательных процессов. И молодой доктор поневоле познакомился с проблемой окраски неба.

Но, познакомившись с вопросом окраски неба, Мандельштам не только показал ошибочность, или, как он сам говорил, «недостаточность» общепризнанной теории молекулярного рассеяния света Рэлея, не только раскрыл тайну голубого цвета неба, но и положил начало исследованиям, которые привели к одному из важнейших открытий физики XX века.

А началось все с заочного спора с одним из крупнейших физиков, отцом квантовой теории, М. Планком. Когда Мандельштам познакомился с теорией Рэлея, она захватила его своей недоговоренностью и внутренними парадоксами, которых, к удивлению молодого физика, не замечал старый, многоопытный Рэлей. Особенно отчетливо выявилась недостаточность теории Рэлея при анализе другой теории, построенной на ее основе Планком для объяснения ослабления света при его прохождении через оптически однородную прозрачную среду.

В этой теории было принято за основу, что сами молекулы вещества, через которое проходит свет, являются источниками вторичных волн. На создание этих вторичных волн, утверждал Планк, тратится часть энергии проходящей волны, которая при этом ослабляется. Мы видим, что эта теория основывается на рэлеевской теории молекулярного рассеяния и опирается на ее авторитет.

Проще всего уяснить себе суть дела, рассматривая волны на поверхности воды. Если волна встречается с неподвижными или плавающими предметами (сваи, бревна, лодки и т. п.), то во все стороны от этих предметов разбегаются мелкие волны. Это есть не что иное, как рассеяние. Часть энергии падающей волны расходуется на возбуждение вторичных волн, которые вполне аналогичны рассеянному свету в оптике. При этом первоначальная волна ослабляется — она затухает.

Плавающие предметы могут быть намного меньше, чем длина волны, бегущей по воде. Даже мелкие зерна будут вызывать вторичные волны. Ко-

нечно, по мере уменьшения размеров частиц образуемые ими вторичные волны ослабевают, но они все же будут забирать энергию основной волны.

Примерно так представлял себе процесс ослабления световой волны при прохождении ее через газ Планк, но роль зерен в его теории играли молекулы газа.

Этой работой Планка заинтересовался Мандельштам.

Ход мыслей Мандельштама также можно пояснить с помощью примера волн на поверхности воды. Нужно лишь рассмотреть его более внимательно. Итак, даже мелкие зерна, плавающие на поверхности воды, являются источниками вторичных волн. Но что будет, если насыпать эти зерна так густо, что они покроют всю поверхность воды? Тогда окажется, что отдельные вторичные волны, вызванные многочисленными зернами, будут складываться так, что они полностью погасят те части волн, которые бегут в стороны и назад, и рассеяние прекратится. Останется лишь волна, бегущая вперед. Она побежит вперед, совершенно не ослабляясь. Единственным результатом присутствия всей массы зерен окажется некоторое уменьшение скорости распространения первичной волны. Особенно важно, что все это не зависит от того, неподвижны ли зерна или они движутся по поверхности воды. Совокупность зерен будет действовать просто как нагрузка на поверхность воды, изменяя плотность ее верхнего слоя.

Мандельштам произвел математический расчет для случая, когда число молекул в воздухе так велико, что даже на таком маленьком участке, как длина световой волны, содержится очень большое число молекул. Оказалось, что при этом вторичные световые волны, возбуждаемые отдельными хаотически движущимися молекулами, складываются так же, как волны на примере с зернами. Значит, в этом случае световая волна распространяется без рассеяния и ослабления, но с несколько меньшей скоростью. Это опровергало теорию Рэлея, считавшего, что движение рассеивающих частиц во всех случаях

обеспечивает рассеяние волн, а значит, опровергало и основанную на ней теорию Планка.

Так под фундаментом теории рассеяния был обнаружен песок. Все величественное здание заколебалось и грозило рухнуть.

СОВПАДЕНИЕ

Но как обстоит дело с определением числа Лошмидта из измерений голубого свечения неба? Ведь опыт подтверждал рэлеевскую теорию рассеяния!

«Это совпадение должно рассматриваться как случайное», — писал Мандельштам в 1907 году в своей работе «Об оптически однородных и мутных средах».

Мандельштам показал, что беспорядочное движение молекул не может сделать газ однородным. Наоборот, в реальном газе всегда имеются мельчайшие разрежения и уплотнения, образующиеся в результате хаотического теплового движения. Вот они-то и приводят к рассеянию света, так как нарушают оптическую однородность воздуха. В той же работе Мандельштам писал:

«Если среда оптически неоднородна, то, вообще говоря, падающий свет будет рассеиваться и в стороны».

Но так как размеры неоднородностей, возникающих в результате хаотического движения, меньше длины световых волн, то рассеиваться будут преимущественно волны, соответствующие фиолетовой и синей части спектра. А это приводит, в частности, к голубой окраске неба.

Так была окончательно решена загадка небесной лазури. Теоретическая часть была разработана Рэлеем. Физическая природа рассеивателей была установлена Мандельштамом.

Большая заслуга Мандельштама заключается в том, что он доказал, что предположение о совершенной однородности газа несовместимо с фактом рассеяния в нем света. Он понял, что голубой цвет

неба доказывает, что однородность газов только кажущаяся. Точнее, газы представляются однородными только при исследовании грубыми приборами, такими, как барометр, весы или другие приборы, на которые воздействуют сразу многие миллиарды молекул. Но световой луч ощущает несравнимо меньшие количества молекул, измеряемые лишь десятками тысяч. И этого достаточно, чтобы бесспорно установить, что плотность газа непрерывно подвергается небольшим местным изменениям. Поэтому однородная с нашей «грубой» точки зрения среда в действительности неоднородна. С «точки зрения света» она кажется мутной и поэтому рассеивает свет.

Случайные местные изменения свойств вещества, образующиеся в результате теплового движения молекул, теперь носят название флуктуаций. Выяснив флуктуационное происхождение молекулярного рассеяния света, Мандельштам проложил дорогу новому методу исследования вещества — флуктуационному, или статистическому, методу, впоследствии развитому Смолуховским, Лорентцем, Эйнштейном и им самим в новый крупный отдел физики — статистическую физику.

НЕБО ДОЛЖНО МЕРЦАТЬ!

Итак, тайна голубого цвета неба была раскрыта.

Но изучение рассеяния света на этом не прекратилось. Обратив внимание на почти неуловимые изменения плотности воздуха и объяснив окраску неба флуктуационным рассеянием света, Мандельштам своим обостренным чутьем ученого обнаружил новую, еще более тонкую особенность этого процесса.

Ведь неоднородности воздуха вызваны случайными колебаниями его плотности. Величина этих случайных неоднородностей, плотность сгустков меняется со временем. Поэтому, рассуждал ученый, должна меняться со временем и интенсивность — сила рас-

сеянного света! Ведь чем плотнее сгустки молекул, тем интенсивнее рассеянный на них свет. А так как эти сгустки возникают и исчезают хаотически, то небо, попросту говоря, должно мерцать! Сила его свечения и его цвет должны все время (но очень слабо) изменяться! Но разве кто-нибудь, когда-нибудь замечал такое мерцание? Конечно, нет.

Это эффект настолько тонкий, что простым глазом его не заметишь.

Ни один из ученых тоже не наблюдал подобного изменения свечения неба. Не имел возможности проверить выводы своей теории и сам Мандельштам. Организации сложнейших экспериментов препятствовали сначала скудные условия царской России, а потом трудности первых лет революции, иностранной интервенции и гражданской войны.

В 1925 году Мандельштам стал заведующим кафедрой в Московском университете. Здесь он встретился с выдающимся ученым и искусным экспериментатором Григорием Самуиловичем Ландсбергом. И вот, связанные глубокой дружбой и общими научными интересами, они вместе продолжили штурм тайн, скрытых в слабых лучах рассеянного света.

Оптические лаборатории университета в те годы были еще очень бедны приборами. В университете не оказалось ни одного прибора, способного обнаружить мерцание неба или те маленькие различия в частотах падающего и рассеянного света, которые, как предсказывала теория, являются результатом этого мерцания.

Однако это не остановило исследователей. Они отказались от мысли имитировать небо в лабораторных условиях. Это только усложнило бы и без того тончайший опыт. Они решили изучать не рассеяние белого — сложного света, а рассеяние лучей одной, строго определенной частоты. Если они будут точно знать частоту падающего света, будет много легче искать те близкие к ней частоты, которые должны возникнуть при рассеянии.

Кроме того, теория подсказывала, что наблюде-

ния легче проводить в твердых телах, так как в них молекулы расположены гораздо теснее, чем в газах, а рассеяние тем больше, чем плотнее вещество.

Начались кропотливые поиски наиболее подходящих материалов. Наконец выбор пал на кристаллы кварца. Просто потому, что крупные прозрачные кристаллы кварца доступнее, чем любые другие.

Два года длились подготовительные опыты, отбирались наиболее чистые образцы кристаллов, совершенствовалась методика, устанавливались признаки, по которым можно было бесспорно отличить рассеяние на молекулах кварца от рассеяния на случайных включениях, неоднородностях кристалла и загрязнениях.

ОСТРОУМИЕ И ТРУД

Не обладая мощной аппаратурой для спектрального анализа, ученые избрали остроумный обходный путь, который должен был дать возможность воспользоваться имеющимися приборами.

Основной трудностью в этой работе было то, что на слабый свет, вызванный молекулярным рассеянием, накладывался намного более сильный свет, рассеянный небольшими загрязнениями и другими дефектами тех образцов кристаллов, которые удалось заполучить для опытов. Исследователи решили воспользоваться тем, что рассеянный свет, образованный дефектами кристалла и отражениями от различных частей установки, точно совпадает по частоте с падающим светом. Их же интересовал только свет с частотой, измененной в соответствии с теорией Мандельштама. Таким образом, задача состояла в том, чтобы на фоне этого намного более яркого света выделить свет измененной частоты, вызванный молекулярным рассеянием.

Чтобы рассеянный свет имел величину, доступную регистрации, ученые решили освещать кварц самым мощным из доступных им осветительных приборов: ртутной лампой.

Итак, свет, рассеянный в кристалле, должен состоять из двух частей: из слабого света измененной частоты, обусловленного молекулярным рассеянием (исследование этой части являлось целью ученых), и из гораздо более сильного света неизмененной частоты, вызванного посторонними причинами (эта часть была вредной, она затрудняла исследование).

Идея метода привлекала своей простотой: надо поглотить свет неизменной частоты и пропустить в спектральный аппарат только свет измененной частоты. Но различия частоты составляли лишь несколько тысячных долей процента. Ни в одной лаборатории мира не существовало фильтра, способного разделить столь близкие частоты. Однако выход был найден.

Рассеянный свет был пропущен через сосуд с парами ртути. В результате весь «вредный» свет «застрял» в сосуде, а свет «полезный» прошел без заметного ослабления. Экспериментаторы при этом воспользовались одним уже известным обстоятельством. Атом вещества, как утверждает квантовая физика, способен излучать световые волны только вполне определенных частот. Вместе с тем этот атом способен и поглощать свет. Причем только световые волны тех частот, которые он сам может излучать.

В ртутной лампе свет испускается парами ртути, светящейся под влиянием электрического разряда, происходящего внутри лампы. Если этот свет пропустить через сосуд, также содержащий пары ртути, он будет почти полностью поглощен. Случится то, что предсказывает теория: атомы ртути в сосуде поглотят свет, излучаемый атомами ртути в лампе.

Свет от других источников, например от неоновой лампы, пройдет сквозь пары ртути невредимым. На него атомы ртути даже не обратят внимания. Не будет поглощена и та часть света ртутной лампы, которая рассеялась в кварце с изменением длины волны.

Вот этим-то удобным обстоятельством и воспользовались Мандельштам и Ландсберг.

УДИВИТЕЛЬНОЕ ОТКРЫТИЕ

В 1927 году начались решающие опыты.

Ученые осветили кристалл кварца светом ртутной лампы, обработали результаты. И... удивились.

Результаты опыта были неожиданны и необычны. Ученые обнаружили совсем не то, что ожидали, не то, что было предсказано теорией. Они открыли совершенно новое явление. Но какое? И не ошибка ли это? В рассеянном свете были обнаружены не ожидаемые частоты, но частоты гораздо более высокие и более низкие. В спектре рассеянного света появилась целая комбинация частот, которых не было в падающем на кварц свете. Объяснить их появление оптическими неоднородностями в кварце было просто невозможно.

Началась тщательная проверка. Опыты проводились безупречно. Они были задуманы настолько остроумно, совершенно и изобретательно, что ими нельзя было не восторгаться.

— Так красиво и подчас гениально просто решались Леонидом Исааковичем иной раз очень непростые технические задачи, что невольно у каждого из нас возникал вопрос: «Почему это раньше не пришло мне в голову?» — рассказывает один из сотрудников.

Разнообразные контрольные опыты упорно подтверждали, что ошибки нет. На фотографиях спектра рассеянного света упорно появлялись слабые и тем не менее вполне явные линии, свидетельствующие о наличии в рассеянном свете «лишних» частот.

Многие месяцы ученые искали объяснение этому явлению. Откуда в рассеянном свете появились «чужие» частоты?!

И настал день, когда Мандельштама осенила изумительная догадка. Это было удивительное открытие, то самое, которое и теперь считается одним из важнейших открытий XX века.

Но и Мандельштам и Ландсберг пришли к единодушному решению, что опубликовать это откры-

тие можно лишь после солидной проверки, после исчерпывающего проникновения в глубь явления.

Завершающие опыты начались.

С ПОМОЩЬЮ СОЛНЦА

31 марта 1928 года вышел из печати очередной номер английского журнала «Nature» («Природа»).

16 февраля индийские ученые Ч. Н. Раман и К. С. Кришнан отправили из Калькутты в этот журнал телеграмму с коротким описанием своего открытия.

В журнал «Природа» в те годы со всего света стекались письма о самых различных открытиях. Но не всякому сообщению суждено вызвать волнение среди ученых. Когда же из печати вышел номер с письмом индийских ученых, физики очень взволновались. Уже одно заглавие заметки — «Новый тип вторичного излучения» — возбуждало интерес. Ведь оптика — одна из старейших наук, открыть в ней что-нибудь неведомое в XX веке удавалось совсем не часто.

Можно представить себе, с каким интересом ожидали физики всего мира новых писем из Калькутты.

Их интерес в немалой степени подогревался и самой личностью одного из авторов открытия, Рамана. Это человек любопытной судьбы и незаурядной биографии, очень сходной с эйнштейновской. Эйнштейн в молодости был простым преподавателем гимназии, а затем служащим патентного бюро. Именно в этот период он закончил самые значительные из своих работ. Раман, блестящий физик, тоже после окончания университета вынужден был в течение десяти лет служить в департаменте финансов и лишь после этого был приглашен на кафедру Калькуттского университета. Раман скоро стал признанным главой индийской школы физиков.

Незадолго до описываемых событий Раман и Кришнан увлеклись любопытной задачей. Тогда еще

не улеглись страсти, вызванные в 1923 году открытием американского физика Комптона, который, изучая прохождение рентгеновых лучей через вещество, обнаружил, что часть этих лучей, рассеиваясь в стороны от первоначального направления, увеличивает длину своей волны. В переводе на язык оптиков можно сказать, что рентгеновы лучи, столкнувшись с молекулами вещества, меняли свой «цвет».

Это явление легко объяснялось законами квантовой физики. Поэтому открытие Комптона явилось одним из решающих доказательств правильности молодой квантовой теории.

Нечто подобное, но уже в оптике, решили попытаться обнаружить индийские ученые. Они хотели пропустить свет через вещество и посмотреть, как будут рассеиваться его лучи на молекулах вещества и изменится ли при этом длина их волны.

Как видите, вольно или невольно, индийские ученые поставили перед собой ту же задачу, что и советские ученые. Но цели у них были разные. В Калькутте искали оптическую аналогию эффекта Комптона. В Москве — опытного подтверждения мандельштамовского предсказания изменения частоты при рассеянии света на флуктуирующих неоднородностях.

Раман и Кришнан задумали сложный опыт, так как ожидаемый эффект должен был быть чрезвычайно малым. Для опыта понадобился очень яркий источник света. И тогда они решили использовать солнце, собрав его лучи с помощью телескопа.

Диаметр его объектива был равен восемнадцати сантиметрам. Собранный свет исследователи направили через призму на сосуды, в которых помещались жидкости и газы, тщательно очищенные от пыли и других загрязнений.

Но обнаружить ожидаемое малое удлинение волны рассеянного света, пользуясь белым солнечным светом, содержащим практически все возможные длины волн, было безнадежно. Поэтому ученые решили воспользоваться светофильтрами. Они поставили перед объективом сине-фиолетовый фильтр, а на-

блюдали рассеянный свет через желто-зеленый фильтр. Они справедливо решили, что то, что пропустит первый фильтр, застрянет во втором. Ведь желто-зеленый фильтр поглощает сине-фиолетовые лучи, пропускаемые первым фильтром. А оба, поставленные друг за другом, должны поглощать весь падающий свет. Если же в глаз наблюдателя и попадут какие-то лучи, то можно будет сказать с уверенностью, что они не были в падающем свете, а родились в исследуемом веществе.

КОЛУМБЫ

И действительно, в рассеянном свете Раман и Кришнан обнаружили лучи, проходящие через второй фильтр. Они зафиксировали лишние частоты. Это в принципе мог быть оптический эффект Комптона. То есть при рассеянии на молекулах вещества, находящегося в сосудах, сине-фиолетовый свет мог изменить свою окраску и стать желто-зеленым. Но это нужно было еще доказать. Могли же быть и другие причины, вызывающие появление желто-зеленого света. Например, он мог появиться в результате люминесценции — слабого свечения, которое часто возникает в жидкостях и твердых телах под действием света, тепла и других причин. Очевидно, было одно — свет этот рожден вновь, он не содержался в падающем свете.

Ученые повторили свой опыт с шестью различными жидкостями и двумя типами паров. Они убедились, что ни люминесценция, ни другие причины не играют здесь роли.

Факт увеличения длины волны видимого света при рассеянии его в веществе казался Раману и Кришнану установленным. Казалось, поиски их увенчались успехом. Они обнаружили оптическую аналогию эффекта Комптона.

Но чтобы опыты имели законченный вид и выводы были достаточно убедительными, надо было проделать еще одну часть работы. Мало было обнару-

жить изменение длины волны. Надо было измерить величину этого изменения. Первое помог сделать светофильтр. Сделать второе он был бессилен. Здесь ученым понадобился спектроскоп — прибор, позволяющий измерить длину волны исследуемого света.

И исследователи начали вторую часть, не менее сложную и кропотливую. Но и она удовлетворила их ожидания. Результаты снова подтвердили выводы первой части работы. Однако длина волны оказалась неожиданно большой. Гораздо большей, чем ожидалась. Исследователей это не смутило.

Как не вспомнить здесь о Колумбе? Он стремился найти морской путь в Индию и, увидев землю, не сомневался в том, что достиг цели. Были ли у него основания усомниться в своей уверенности при виде краснокожих жителей и незнакомой природы Нового Света?

Не так ли Раман и Кришнан, стремясь к обнаружению эффекта Комптона в видимом свете, решили, что нашли его, исследовав свет, прошедший через их жидкости и газы?! Усомнились ли они, когда измерения показали неожиданно большее изменение длины волны рассеянных лучей? Какой вывод они сделали из своего открытия?

По мнению индийских ученых, они нашли то, что искали. 23 марта 1928 года в Лондон полетела телеграмма со статьей, названной «Оптическая аналогия эффекта Комптона». Ученые писали: «Таким образом, оптическая аналогия эффекта Комптона очевидна, за исключением того, что мы имеем дело с изменением длины волны много большим...»

Заметьте: «много большим...»

ТАНЕЦ АТОМОВ

Работа Рамана и Кришнана была встречена овациями в среде ученых. Все справедливо восторгались их экспериментальным искусством. За это открытие Раман был удостоен в 1930 году Нобелевской премии.

К письму индийских ученых была приложена фотография спектра, на которой заняли свои места линии, изображающие частоту падающего света и света, рассеянного на молекулах вещества. Эта фотография, по мнению Рамана и Кришнана, яснее ясного иллюстрировала их открытие.

Когда на эту фотографию взглянули Мандельштам и Ландсберг, они увидели почти точную копию фотографии, полученной ими! Но, познакомившись с объяснением ее, они сразу поняли, что Раман и Кришнан ошиблись.

Нет, не эффект Комптона обнаружили индийские ученые, а явление совсем иное, то самое, которое уже много лет изучали советские ученые...

Пока разрасталось волнение, вызванное открытием индийских ученых, Мандельштам и Ландсберг заканчивали контрольные опыты, подводили последние решающие итоги.

И вот 6 мая 1928 года ими была отправлена в печать статья. К статье была приложена фотография спектра.

Кратко изложив историю вопроса, исследователи давали подробнейшее толкование открытого ими явления.

Так что же это было за явление, которое заставило помучиться и поломать себе головы немало ученых?

Глубокая интуиция и ясный аналитический ум Мандельштама сразу подсказали ученому, что обнаруженные изменения частоты рассеянного света не могут быть вызваны теми межмолекулярными силами, которые выравнивают случайные неоднократности плотности воздуха. Ученому стало ясно, что причина, несомненно, кроется внутри самих молекул вещества, что явление вызвано внутримолекулярными колебаниями атомов, образующих молекулу.

Такие колебания происходят с гораздо более высокой частотой, чем те, что сопровождают образование и рассасывание случайных неоднородностей среды. Вот эти-то колебания атомов в молекулах и сказываются на рассеянном свете. Атомы как бы метят

его, оставляют на нем свои следы, зашифровывают дополнительными частотами.

Это была красивейшая догадка, дерзкое вторжение мысли человека за кордон маленькой крепости природы — молекулы. И эта разведка принесла ценнейшие сведения о ее внутреннем строении.

РУКА ОБ РУКУ

Итак, при попытке обнаружить малое изменение частоты рассеянного света, вызванное межмолекулярными силами, было обнаружено большее изменение частоты, вызванное внутримолекулярными силами.

Таким образом, для объяснения нового явления, которое получило название «комбинационное рассеяние света», достаточно было теорию молекулярного рассеяния, созданную Мандельштамом, дополнить данными о влиянии колебаний атомов внутри молекул. Новое явление оказалось открытым в результате развития идеи Мандельштама, сформулированной им еще в 1918 году.

Да, недаром, как сказал академик С. И. Вавилов, «Природа одарила Леонида Исааковича совсем необычным прозорливым тонким умом, сразу замечавшим и понимавшим то главное, мимо чего равнодушно проходило большинство. Так была понята флуктуационная сущность рассеяния света, так появилась идея об изменении спектра при рассеянии света, ставшая основой открытия комбинационного рассеяния».

Впоследствии из этого открытия была извлечена огромнейшая польза, оно получило ценное практическое применение.

В момент же открытия оно казалось лишь ценнейшим вкладом в науку.

А что же Раман и Кришнан? Как отнеслись они к открытию советских ученых да и к своему тоже? Поняли ли они, что открыли?

Ответ на эти вопросы содержится в следующем письме Рамана и Кришнана, которое они отправили в печать через 9 дней после опубликования статьи

советских ученых. Да, они поняли — наблюдавшееся ими явление не эффект Комптона. Это комбинационное рассеяние света.

После опубликования писем Рамана и Кришнана и статей Мандельштама и Ландсберга ученым всего мира стало ясно, что одно и то же явление независимо и практически одновременно сделано и изучается в Москве и Калькутте. Но московские физики изучали его в кристаллах кварца, а индийские — в жидкостях и газах.

И эта параллельность, конечно, не была случайной. Она говорит об актуальности проблемы, ее большой научной важности. Не удивительно, что результаты, близкие к выводам Мандельштама и Рамана в конце апреля 1928 года, независимо друг от друга получили также французские ученые Рокар и Кабан. Через некоторое время ученые вспомнили, что еще в 1923 году чешский физик Смекаль теоретически предсказал то же явление. Вслед за работой Смекаля появились теоретические изыскания Крамерса, Гейзенберга, Шредингера.

По-видимому, лишь недостатком научной информации можно объяснить тот факт, что ученые многих стран трудились над решением одной и той же задачи, даже не зная об этом.

ТРИДЦАТЬ СЕМЬ ЛЕТ СПУСТЯ

Исследования комбинационного рассеяния не только открыли новую главу в науке о свете. Вместе с тем они дали мощное оружие технике. Промышленность получила отличный способ изучения свойств вещества.

Ведь частоты комбинационного рассеяния света являются отпечатками, которые накладываются на свет молекулами среды, рассеивающей свет. И в разных веществах эти отпечатки неодинаковы. Именно это дало право академику Мандельштаму назвать комбинационное рассеяние света «языком молекул». Тем, кто сумеет прочитать следы молекул на лучах

света, определить состав рассеянного света, молекулы, пользуясь этим языком, расскажут о тайнах своего строения.

На негативе фотоснимка комбинационного спектра нет ничего, кроме линий различной черноты. Но по этой фотографии специалист вычислит частоты внутримолекулярных колебаний, которые появились в рассеянном свете после прохождения его через вещество. Снимок расскажет о многих дотоле неведомых сторонах внутренней жизни молекул: об их строении, о силах, связывающих атомы в молекулы, об относительных движениях атомов. Учась расшифровывать спектрограммы комбинационного рассеяния, физики учились понимать своеобразный «световой язык», которым молекулы рассказывают о себе. Так новое открытие позволило глубже проникать во внутреннее строение молекул.

В наши дни физики пользуются комбинационным рассеянием для изучения строения жидкостей, кристаллов и стекловидных веществ. Химики определяют этим методом структуру различных соединений.

Методы исследования вещества, использующие явление комбинационного рассеяния света, разработали сотрудники лаборатории Физического института имени П. Н. Лебедева Академии наук СССР, которой руководил академик Ландсберг.

Эти методы позволяют в условиях заводской лаборатории быстро и точно производить количественные и качественные анализы авиационных бензинов, продуктов крекинга, продуктов переработки нефти и многих других сложных органических жидкостей. Для этого достаточно осветить исследуемое вещество и определить спектрографом состав рассеянного им света. Кажется, очень просто. Но прежде чем этот метод оказался действительно удобным и быстрым, ученым пришлось немало поработать над созданием точной, чувствительной аппаратуры. И вот почему.

Из общего количества световой энергии, поступающей в изучаемое вещество, лишь ничтожная часть — примерно одна десятимиллиардная — при-

ходится на долю рассеянного света. А на комбинационное рассеяние редко приходится даже два-три процента этой величины. Видимо, поэтому само комбинационное рассеяние долго оставалось незамеченным. И не удивительно, что получение первых фотографий комбинационного рассеяния требовало экспозиций, продолжавшихся десятки часов.

Современная же аппаратура, созданная в нашей стране, позволяет получить комбинационный спектр чистых веществ в течение нескольких минут, а иногда и секунд! Даже для анализа сложных смесей, в которые отдельные вещества входят в количестве нескольких процентов, обычно достаточно экспозиции, не превышающей часа.

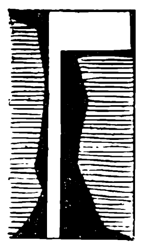
Прошло тридцать семь лет с тех пор, как язык молекул, записанный на фотопластинках, был открыт, расшифрован и понят Мандельштамом и Ландсбергом, Раманом и Кришнаном. С тех пор во всем мире ведется упорная работа по составлению «словаря» языка молекул, который оптики называют каталогом частот комбинационного рассеяния. Когда такой каталог будет составлен, расшифровка спектрограмм значительно облегчится и комбинационное рассеяние света еще полнее станет на службу науке и индустрии.

НАПЕРЕГОНКИ СО СВЕТОМ

Некоторые из великих открытий, продвинувших науку, можно назвать «легкими», однако не в смысле того, что их легко было сделать, а в том смысле, что, когда они совершены, их легко понять каждому.

Ч. ДАРВИН

В ТЕМНОТЕ



лаз, оторвавшись от прибора, встречал лишь тьму. В абсолютной темноте работали дни за днями молодые энтузиасты, изучавшие тридцать семь лет назад природу света.

Изучать свет в темноте! Что может быть нелепее этого! Но тем не менее в начале тридцатых годов в здании Академии наук на набережной Невы ученые ежедневно входили в совершенно затемненные комнаты и подолгу сидели в них, обдумывая предстоящие опыты. Да, они сидели в абсолютной темноте и ничего не делали. Они готовились. Подготавливали свои глаза. Лишь через час они ощупью подходили к заранее отрегулированным приборам и приступали к работе.

Опыт начинался. Они смотрели и видели то, что совершенно невидимо для остальных людей. Они видели свечение столь слабое, что его не мог воспринять ни один из приборов, существовавших в то время.

Это были сотрудники и ученики Сергея Ивановича Вавилова, доказавшего, что человеческий глаз после часового пребывания в темноте способен видеть мельчайшие порции света, измеряемые всего десятками световых квантов.

Советские оптики настойчиво изучали люминесценцию — странную способность некоторых веществ самопроизвольно излучать слабый таинственный свет.

Такое самосвечение наблюдают не только ученые. Помните светлячков, то вспыхивающих, то исчезающих в ночной листве? А тому, кто бывал летней ночью на южном море, не забыть серебристой вуали, окутывающей тело пловца, подводную часть лодки, превращающей в фейерверк взбитые веслом каскады брызг.

Светящиеся в темноте стрелки и цифры часов, а также авиационных приборов... Портреты и пейзажи, писанные светящимися красками... Почему все это светится? Какая невидимая рука поджигает вещество изнутри?

Эту-то загадку и разгадывали Вавилов и его ученики.

СТРАННОЕ СВЕЧЕНИЕ

...Молодые люди, впервые приходящие сегодня на лекции профессора члена-корреспондента Академии наук СССР Павла Алексеевича Черенкова, обычно не знают, что курс экспериментальной физики им будет читать ученый, открывший эффект Черенкова. Ведь для молодежи эффект Черенкова так же стар, как и эффект Доплера и другие явления, волнующие воображение многих поколений студентов.

Но вот звонок, и в аудиторию входит спортивного вида человек. Лекция его увлекает так, как может увлечь лишь рассказ активного участника интересных событий...

В 1932 году, в то время, когда начинающий физик Павел Черенков изучал свечение растворов ураниловых солей под влиянием гамма-лучей радия,

многие стороны явления люминесценции были неясны. Всякое оригинальное наблюдение имело здесь цену. Но основным было выявление новых, неизвестных ранее закономерностей.

Приходя утром в лабораторию и подготавливая глаза, Черенков обдумывал очередной опыт.

Как будет изменяться свечение знакомого раствора, если добавить в него еще соли? Что будет, если разбавить раствор водой? Конечно, яркость свечения должна измениться. Но важен точный закон. Необходимо установить зависимость яркости свечения от концентрации светящегося вещества.

Эксперимент начинался.

По мере ослабления свечения приходилось принимать меры для того, чтобы опыт был безупречным. Ведь под действием радиоактивного излучения могли светиться и стенки сосуда, в котором налит раствор. Но просто вылить раствор и изучать свечение стенок пустого сосуда нельзя. Условия при переходе света из стекла в воздух резко отличаются от условий его перехода из стекла в раствор.

Решение принято. Нужно заменить раствор чистой водой. По всем оптическим свойствам, кроме, конечно, способности к люминесценции, вода очень мало отличается от слабого раствора.

Опыт поставлен. В сосуде дистиллированная вода. Но, оказывается, свечение наблюдается и в этом случае!

Что это, недостаток методики или результат переутомления глаз? А может быть, дистиллированная вода, которой он пользовался, недостаточно чиста? Прежде всего спокойствие и контрольные опыты.

Все начинается сначала. Он берет тщательно очищенную воду и заменяет стеклянный сосуд на платиновый. Вода дважды дистиллирована и практически не содержит примесей. Он терпеливо сидит в темноте, восстанавливая остроту зрения. Опыт начинается и приводит его к тому же. В растворе нет ни следаураниловой соли, но свечение сохраняется. Ему не удается отделить мешающий свет от люминесценции раствора. Что же дальше?

ТЕМПЕРАМЕНТ ПРОТИВ ФАКТА

Проходят дни за днями. Слухи о странных опытах Черенкова облетели весь институт. Товарищи встречают его то сочувственным, то насмешливым вопросом:

— Все еще светится?

Молодые и старые физики захаживали в лабораторию к Черенкову, чтобы собственными глазами увидеть странное свечение, которое никто еще не замечал. Приходили поразмыслить, дать совет.

Черенков не находил себе места. Ведь, столкнувшись с неожиданным в результатах опыта, ученые обычно меньше всего думают, что эти странности принесут им Нобелевскую премию. Прежде всего экспериментатор ищет возможную ошибку. И он будет повторять неудавшийся опыт до тех пор, пока не устранит погрешность или не убедится, что его наблюдения не результат ошибки, а скрытая дотоле закономерность.

Проходили недели, месяцы, а Черенков все бился над загадкой непонятного, упорного свечения. Что же делать, как быть дальше?

Здесь возможно множество путей. Выбор их зависит от индивидуальности ученого, от его кругозора, от интуиции, наконец от темперамента. Многие советуют Черенкову бросить эту чепуху, отдохнуть, заняться другим.

Но Черенков хочет прежде всего ясности. Он должен узнать, почему не удался его опыт, чем вызывается свечение, которое он видит. Почему светится дистиллированная вода? Ведь до сих пор считалось, что она не способна к люминесценции. Однако... Он не может ничего сказать, пока не убедится в том, что вода действительно чиста. Может быть, все дело в стекле? Может быть, стекло, хотя и слабо, растворяется в воде и дает это свечение?

Черенков тщательно сушит свой прибор и наливает в него другую жидкость. Все то же.

Долой стекло! Он берет чистейший платиновый

тигель. Под его дно он кладет ампулу с бо́льшим, чем раньше, количеством радия. Гамма-лучи от ста четырех миллиграммов радия проходят через дно тигля в жидкость. Сверху на жидкость направлен объектив прибора. Жидкость предельно чиста, а свечение почти не ослабело. Теперь он уверен: яркое свечение концентрированных растворов — это люминесценция. Слабое свечение чистых жидкостей имеет другую природу. Но он продолжает свои исследования.

И вот молодой ученый докладывает о своей работе. Шестнадцать чистейших жидкостей — дистиллированная вода, различные спирты, толуол и другие — обнаружили слабое свечение под действием гамма-лучей радия. В отличие от ранее известного это свечение не распространяется во все стороны подобно свету от лампы, а видно лишь в узком конусе, вдоль направления гамма-лучей.

Установлено, что во всех этих жидкостях яркость свечения почти одинакова. Сильнее всего она в четыреххлористом углероде, слабее — в изобутиловом спирте. Но разница невелика — всего 25 процентов. Он добавлял во все жидкости азотнокислое серебро, йодистый калий и другие сильнейшие тушители люминесценции. Никакого эффекта — свечение не прекращалось. Он нагревал жидкости, это сильно влияет на люминесценцию, но яркость свечения не изменялась. Теперь он может поручиться, что это не люминесценция.

В 1934 году, после двух лет тщательного исследования, в «Докладах Академии наук СССР» появляется статья Черенкова об открытии нового типа свечения.

Сейчас черенковское излучение может увидеть каждый посетитель Выставки достижений народного хозяйства в Москве. Здесь под пятиметровой толщей воды мягко сияет экспериментальный атомный реактор. Свечение, окружающее его, — это черенковское излучение, вызываемое в воде мощным радиоактивным излучением реактора.

ЧТО ОН ВИДИТ?

Волга рождается среди Валдайской возвышенности в виде маленького родника. Не скоро она разливается могучей рекой, поражающей своей мощью.

Новое открытие вошло в науку не без труда. Многие ученые, в том числе и крупные, сомневались, считали, что опыты поставлены не чисто.

В то время уже было установлено, что люминесценция вызывается не самими гамма-лучами, а электронами, освобождающимися под их влиянием внутри жидкости. Электроны ударом возбуждают атомы растворенного вещества. В ответ атомы излучают свет. Таков механизм люминесценции, утверждали специалисты, и нечего тут мудрить.

Черенков не спорил. Он работал. Он продолжал ставить опыты. А опыты красноречивее слов.

Поместив свой прибор в магнитное поле, Черенков доказал, что и «его» свечение тоже вызывается электронами, выбиваемыми гамма-лучами радия из атомов жидкости.

— Вот видите! Это же типичная люминесценция, — говорили его «противники». — Что же вы упираетесь?

— Нет, не люминесценция, — настойчиво повторял Черенков.

И следующим опытом он опять подтверждал свое мнение, получив конусообразное свечение чистых жидкостей под действием уже не гамма-, а бета-лучей, то есть быстрых электронов, выделяющихся при радиоактивном распаде.

Целым каскадом экспериментов Черенков продолжал доказывать, что открытое им свечение не люминесценция.

Его поддерживал и научный руководитель — академик Вавилов, крупнейший специалист в области люминесценции. Сергей Иванович высказал предположение, что свечение вызвано резким торможением электронов в жидкости, явлением, уже известным физикам. Но дальнейшие наблюдения опровергли эту догадку.

— Иногда факт отказывается подтвердить теоретическое истолкование, которое ему хотели дать, — сказал как-то по другому случаю французский ученый Луи де Бройль.

Весь небольшой коллектив лаборатории размышлял над загадкой. Но эксперименты по-прежнему вел один Черенков.

Почти три года ушли на проведение тщательных исследований. Усилив источник гамма-лучей до 794 миллиграммов радия, Черенков добился увеличения яркости эффекта и получил фотографии таинственного излучения. Но никакие опыты по-прежнему не могли непосредственно выявить природу свечения, установить его происхождение, объяснить механизм его возникновения. Было совершенно надежно доказано лишь то, что свечение вызывается электронами, летящими внутри чистой, неспособной к люминесценции жидкости. Учитель и ученик были убеждены в том, что свечение имеет своеобразную, пока неизвестную, природу и его источником являются быстрые электроны.

Это был один из тех случаев, когда следующий шаг должна была сделать теория.

Тут Черенкову посчастливилось. Его опыты привлекли внимание двух физиков, которым суждено было стать выдающимися учеными нашего времени. Одним из них был Илья Михайлович Франк, ныне член-корреспондент Академии наук СССР. Он в одинаковой степени тяготел и к эксперименту и к теории. Он как бы сцементировал всю тройку. Стал связующим звеном между двумя «полюсами» — «чистым» экспериментатором Черенковым и «чистым» теоретиком Таммом. Уже тогда Игорь Евгеньевич обещал сделаться тем, кем стал академик Тамм для современной физики: идущим впереди. Игорь Евгеньевич стал во главе тройки.

Три молодых исследователя еще не знали, что дружба их закрепится на много лет. Что за ее плечами будет много покоренных вершин и в науке и в альпинизме. Они не подозревали, что вместе взойдут на «Пик Тамма» — так окрестили впоследствии

ученики Игоря Евгеньевича одну из безымянных вершин Алтая. Если бы наши герои знали, что в день 60-летия друзья преподнесут Тамму альпинистскую палатку с надписью:

Идет к вершинам Игорь Тамм,
А мы за Таммом по пятам, —

они, возможно, сделали бы эти слова своим девизом.

Объектом первого совместного восхождения знаменитое ныне трио выбрало черенковское свечение.

УДАРНАЯ СВЕТОВАЯ ВОЛНА

Что же увидели ученые с вершины?

Катер разрезает гладкую поверхность воды, и по обе стороны от него, подобно журавлиному клину, разбегаются две волны. Если бы недалеко один от другого с одинаковыми скоростями шли два катера, можно было бы заметить, что они образуют одинаковые волны. Если же один из катеров идет быстрее другого, то образуемые им волны разбегаются под более острым углом.

Если скорость катера уменьшается, то угол, под которым разбегаются носовые волны, увеличивается. Когда же его скорость становится меньшей, чем скорость движения волн на поверхности воды, носовые волны исчезают совсем.

Понять механизм образования носовой волны нетрудно. Бросим в воду камень. От места его падения во все стороны побегут круги. Сколько раз ни кидать камни в одно и то же место, ничего похожего на носовую волну не получится. Лишь круглые кольца волн будут одно за другим разбегаться от места падения камней. Но если кидать камни с грузовика, едущего по берегу быстрее, чем бегут волны по поверхности воды, картина изменится. Круги, образующиеся от падения отдельных камней, будут накладываться один на другой и образуют полное подобие носовой волны. Отдельные круговые волны складываются воедино, образуя две большие волны, разбе-

гающиеся под углом, который зависит от скорости движения грузовика. В остальных направлениях отдельные круги гасят друг друга.

Попросим, чтобы шофер вел грузовик по берегу очень медленно, и повторим опыт. Теперь отдельные круги не смогут пересечься. Ведь все волны бегут с одинаковыми скоростями, а значит, круги не могут догнать друг друга и наложиться один на другой. Они разбегаются таким образом, что круги, образовавшиеся от падения первых камней, всегда остаются снаружи остальных.

Совершенно так же обстоит дело при движении катера. Разрезая форштевнем воду, катер образует волны. Если катер идет со скоростью, большей, чем скорость волн, то в результате их сложения образуются носовые волны.

Носовые волны образуются не только на поверхности воды, но и во всяком другом случае, когда источник перемещается быстрее, чем бегут образуемые им волны. Пули и снаряды, скорость которых больше скорости звука в воздухе, образуют волну, тянущуюся за ними в виде узкого конуса. Такие же волны образуются за самолетом, летящим со сверхзвуковой скоростью.

Сильная сжимаемость воздуха, сопровождающаяся его нагреванием при сжатии, придает воздушной носовой волне особые свойства. По мере возникновения такой волны ее фронт становится все более крутым, скачок давления на ее фронте все более увеличивается. Вследствие этого носовая волна в воздухе приобретает особенности ударной волны, образуемой при взрыве.

На заре сверхзвуковой авиации многие удивлялись взрывам, раздававшимся особенно часто при ясной погоде. Передавали друг другу различные варианты происхождения этих таинственных взрывов. Упоминались и аварии самолетов, и взрывы светильного газа, и многое другое.

Теперь все знают, что эти мощные удары вызываются не взрывом, а ударной волной — носовой волной, тянущейся за сверхзвуковым самолетом. Мощ-

ность этих волн так велика, что во избежание несчастных случаев сверхзвуковые самолеты не сближаются с обычными самолетами и не летают на малых высотах над населенными пунктами.

Опыт показал, что, летя на бреющем полете, сверхзвуковой самолет буквально звуком вышибает окна и двери в домах, разрушает легкие постройки и опрокидывает стоящие на земле самолеты. В связи с этой особенностью за рубежом даже возникали проекты создания самолетов-штурмовиков, воздействующих на противника ударной волной.

Но вернемся к загадочному черенковскому излучению. Теперь вы не удивитесь, когда узнаете, что излучение, открытое Черенковым, не что иное, как ударная световая волна!

КАК ВЗМАХ РАКЕТКИ

Конечно, вы можете возразить, что для образования ударной звуковой волны самолет или снаряд должен лететь быстрее звука. И добавите: значит, для образования ударной световой волны электрон тоже должен лететь быстрее света? Но как это может быть? Ведь Эйнштейн еще полвека назад доказал, что ни одно тело, ни одна элементарная частица не могут передвигаться со скоростью, превосходящей скорость света в пустоте.

Эта-то последняя оговорка и спасает положение.

Дело в том, что в веществе свет распространяется медленнее, чем в пустоте, а в некоторых веществах даже намного медленнее. Поэтому ничто не препятствует электрону, обладающему достаточной энергией, обогнать световую волну, бегущую в веществе. А при этом уже может образоваться ударная световая волна — излучение Черенкова — Вавилова.

Теорию, объясняющую возникновение черенковского излучения, Тамм и Франк создали в 1937 году. Они неопровержимо доказали, что Черенков действительно открыл совершенно новый вид светового излучения.

Как же объяснили они увиденное Черенковым?

Когда жидкость, даже простая дистиллированная вода, облучается гамма-лучами радия, эти лучи выбивают из атомов жидкости электроны. А так как электроны — крошечные сгустки материи — очень легки, то удар кванта гамма-лучей действует на них, как удар ракетки на теннисный мяч. Вот почему электроны вылетают из атомов с колоссальными скоростями.

Электрон, летящий в жидкости, сильно взаимодействует с атомами, лежащими вблизи его пути. Электроны этих атомов тоже начинают излучать. В результате в веществе возникают световые волны, которые разбегаются во все стороны от летящего электрона.

Если электрон летит медленнее света, то световые волны, исходящие от различных участков его пути, гасят друг друга, и мы не видим световых волн, так же как не видим носовую волну у корабля, движущегося с очень малой скоростью. Иное дело, если электрон летит быстрее, чем скорость света в веществе. В этом случае световые волны, излучаемые электроном по мере его продвижения в веществе, складываются, образуя разбегающуюся в виде конуса световую волну.

Светящийся хвостик электрона, вернее, электронов — их в жидкости во время этого опыта летит множество, — и увидел исследователь. Если бы свет, испускаемый электронами, распределялся равномерно, как при люминесценции, его, вероятно, обнаружили бы не скоро. Конусообразное распределение света в направлении движения электронов — вот что привлекло внимание Черенкова, вот что навело на мысль об особой природе этого свечения, вошедшего в историю науки как «свечение Черенкова — Вавилова».

Так объяснили Тамм и Франк странное на вид свечение. И их теория блестяще совпала со всеми опытами Черенкова, проделанными им за пять лет неустанного труда.

Упорство Черенкова победило. Оправдались про-

рические слова английского писателя Оскара Уайльда: «Верь в себя, и другие в тебя поверят». Черенков был убежден в том, что стоит на пороге неведомого. Эту убежденность подтвердили математические расчеты. В новое открытие в конце концов поверили все.

ЗНАКОМСТВО ПРОДОЛЖАЕТСЯ

Но даже после того как теоретики свели концы с концами, увязали эксперимент с теорией, когда новое открытие было единодушно принято в лоно науки, Черенков продолжал работать в прежнем направлении. Продолжал чистить и менять тигли, возиться с грудой пузырьков и сосудов, в общем продолжал пестовать свое свечение.

Он понимал, что работа с новым видом излучения только начинается.

То, что наблюдал Черенков, было знакомством лишь с первой светящейся частицей — электроном. Но, кроме электронов — отрицательно заряженных частиц, наука знает много частиц, заряженных положительным электричеством. Это и мезоны, и протоны — ядра атомов водорода, и ядра более тяжелых элементов.

Исследователю не терпелось поставить и их на место электронов. Он предчувствовал, что и положительно заряженные частицы вещества, если их скорость достаточно велика, тоже способны сигналить светом. А если это так — в этом столько практических возможностей, что...

...И вот однажды — это было уже после Отечественной войны (война надолго прервала исследования) — сотрудники Черенкова взяли что-то вроде обыкновенного стакана, налили в него жидкость, а затем закупорили.

Потом отправились к ускорителю заряженных частиц. Там они поставили стакан на пути потока протонов, рождающихся в ускорителе, и стали наблюдать. В стакане вспыхнуло слабое сияние. Ученые

усилили поток. Сияние стало ярче. Тогда они тщательно измерили силу свечения и угол, под которым было видно излучение, и, вынув блокноты, начали делать какие-то расчеты.

Работающие на ускорителе с интересом наблюдали за ними. Через некоторое время приезжие точно назвали величину скорости и энергии протонов. Они сделали это гораздо быстрее, чем делалось на ускорителе раньше, и всего лишь с помощью одного стакана. А ошиблись при этом меньше чем на 0,1 процента. Приезжие уверяли, что таким же способом они могут измерить и скорость любых других заряженных частиц!

Объясняя действие прибора, они напомнили о волнах, разбегающихся по воде от движущегося катера. И утверждали, что если бы на катере вышли из строя обычные приборы для измерения скорости, капитан смог бы определить его скорость, измеряя угол, под которым расходятся крылья носовой волны.

Вы, наверное, уже догадались, что в стакане с жидкостью образуется черенковское излучение, которое и помогло ученым определить скорость и энергию протонов. Стакан назвали счетчиком Черенкова и включили в список важнейших физических приборов.

Заметим, что к этому времени работа со счетчиками Черенкова упростилась еще больше. Появились фотоумножители, приборы, очень чувствительные к свету, улавливающие даже порции из нескольких световых квантов. Чтобы наблюдать черенковское излучение, ученым теперь не приходится часами сидеть в темноте. Специальные электронные приборы автоматически ведут подсчет фотонов черенковского излучения, замечая и то, чего не мог заметить самый натренированный глаз.

Счетчики Черенкова прогремели на весь мир. Ими был оборудован один из крупных американских ускорителей — беватрон, дающий частицы с энергией 6,3 миллиарда электрон-вольт. Вскоре с их помощью было сделано замечательное открытие. В числе известных частиц были опознаны две новые, о ко-

торых еще не знал никто на свете, — антипротон и антинейтрон.

Черенковские счетчики стали одним из главных инструментов при исследованиях, проводимых на ускорителе — синхрофазотроне на 10 миллиардов электрон-вольт, построенном советскими учеными в городе Дубне и на всех других ускорителях.

ЛЕНИВЫХ НЕ ЗАМЕЧАТЬ!

Счетчики Черенкова оказались способными не только определять скорость и энергию быстрых заряженных частиц, но могли (с высокой точностью) указать направление, откуда прилетели эти частицы. Ведь черенковское излучение имеет вид очень острого конуса с углом всего в один градус. И конус этот смотрит вдоль направления полета частицы.

О каком же еще, более удобном и точном приборе могли мечтать ученые, изучающие космические частицы, прилетающие на Землю из глубин космоса!

Ведь раньше, чтобы определить направление прилета частиц, надо было собирать сложные и громоздкие установки. Телескоп — так называлась одна из этих установок — состоял из целого набора счетчиков иного типа, чем черенковские, расположенных один за другим, да еще из специальной электронной схемы.

И такую установку смог заменить всего лишь один счетчик Черенкова!

Как же могли не воспользоваться ученые такой находкой? И уже в 1951 году они обнаружили черенковское излучение от мю-мезонов — особых ядерных частиц, содержащихся в космических лучах, а еще через год — от космических протонов.

Но и этим не исчерпались замечательные свойства счетчиков Черенкова.

Сама природа образования ударной световой волны приводит к тому, что они обладают еще одной важной особенностью. Они хорошо «видели» одни частицы, но не хотели замечать других. Они были из-

бирательны в своем отношении к космическим пришельцам. Счетчики обладали, как сказал бы ученый, пороговым эффектом.

Казалось, это огромный недостаток.

Казалось, они могут пропустить, не заметить важную частицу! Но этот-то недостаток и обернулся достоинством.

Дело в том, что счетчик Черенкова не «хочет» замечать лишь медленные частицы. Те частицы, скорость которых меньше скорости света в веществе, из которого сделан сам счетчик, не создают в нем черенковского излучения, а значит, счетчик их не считает.

И чудесно! Ученые поняли: изготовляя счетчики из различных веществ, можно изменять величину пороговой скорости.

Так можно измерять скорость космических частиц, энергия которых столь велика, что ее невозможно измерить другими приборами.

ИЗ ПУШКИ ПО ВОРОБЬЯМ

Эти замечательные особенности счетчиков Черенкова и дали им право полететь уже на первых советских искусственных спутниках и ракетах. И они не только помогли обнаружить корону Земли — три пояса заряженных частиц, ореолом опоясывающих Землю, но и дали возможность раскрыть секрет состава космических лучей.

Над этим вопросом давно и безуспешно бились ученые. Как определить химический состав космических частиц? Как узнать, частицы каких элементов залетают к нам из космоса?

И тут проявилось еще одно уникальное свойство черенковских счетчиков. Они оказались способными определить не только скорость, энергию и направление прилета частицы, но и измерить ее заряд. Выяснилось, что чем больше заряд частицы, залетевшей в счетчик Черенкова, тем более яркий хвост сопровождает ее, тем большая часть ее энергии переходит в свет на каждом сантиметре ее пути. Тем более яр-

кое свечение Черенкова она вызывает. Таким образом, яркость и сила свечения, острота светового конуса точно и однозначно указывают, какая частица залетела в счетчик, ядром какого элемента она является. Так ученые узнали, что в составе космических лучей есть ядра водорода, и гелия, и железа, и многих других элементов, имеющихся на Земле.

Благодаря счетчикам Черенкова люди узнали, что и Земля и далекие миры, которые прислали нам своих космических посланников, состоят из одних и тех же элементов, что химический состав вселенной везде одинаков.

Для исследования космического пространства приходится изготавливать счетчики Черенкова, имеющие очень малые размеры.

Но в институте, где работает Павел Алексеевич, стоит такой огромный бак с водой, что заглянуть в него можно, лишь забравшись по лестнице на второй этаж. В этом баке — самом большом в мире счетчике Черенкова — налито сто тонн воды! Просто не верится, что необходимо такое огромное сооружение для определения свойств частички, залетевшей в бак с неба!

Но, конечно, сделано это не напрасно.

Конструкторам пришлось сделать бак таким большим для того, чтобы космическая частица, пролетая через него, успела превратить в нем в свет всю свою энергию. И тогда, измеряя интенсивность свечения фотоумножителем, можно определить полную энергию влетевшей в бак частицы.

ВТОРАЯ ЖИЗНЬ ОТКРЫТИЯ

Вокруг открытия Черенкова и после его признания бушевало много споров. Особенно относительно его практического применения. В дискуссиях рождались интересные идеи. Одну из них высказал еще при обсуждении докторской диссертации Черенкова академик Мандельштам. Он предположил, что для наблюдения эффекта Черенкова вовсе не обязательно пропускать

электроны через вещество, где они довольно быстро тормозятся встречными атомами. По его мнению, достаточно пропустить пучок быстрых электронов не через вещество, а вблизи его поверхности. Можно даже попытаться «впрыснуть» их в канал, проделанный в твердом теле.

Электроны, пролетая близко к его поверхности, будут возбуждать в атомах вещества электромагнитные волны. Если электроны летят быстрее, чем волны, значит в веществе возникнет ударная черенковская волна излучения.

Электроны летят в пустоте и поэтому, конечно, не могут лететь быстрее света. Но достаточно, чтобы они летели быстрее, чем электромагнитная волна, бегущая внутри диэлектрика. В этом случае волны, возникающие в диэлектрике под воздействием пролетающего электрона, обязательно будут складываться в черенковскую волну, которая распространится внутри диэлектрика, а затем...

А затем рожденные таким образом электромагнитные волны могут быть излучены в пространство.

Мысль покойного академика Мандельштама была не просто красивой иллюстрацией механизма возникновения черенковского излучения. Она указывала на практические возможности большого значения.

Впоследствии физик-теоретик В. Л. Гинзбург решил развить мысль Мандельштама.

Он тщательно изучил черенковское излучение в твердых телах и пришел к выводу, что таким образом можно просто осуществить генерацию очень коротких, миллиметровых и даже субмиллиметровых волн. То есть создать новые генераторы радиоволн. Для радиотехники, которая все время борется за все более и более короткие волны, такие генераторы были бы просто находкой.

Таким способом можно получить особенно мощные радиоволны, используя не сплошной поток электронов, а предварительно сгруппировав их в небольшие сгустки.

Оказалось, это не единственный способ получения радиоволн с помощью эффекта Черенкова. Ведь мы

знаем, что для возникновения эффекта достаточно уменьшить скорость электромагнитной волны до величины, меньшей, чем скорость электрона, и черенковское излучение начнется.

Однако скорость электромагнитных волн можно уменьшить, не только пропуская их через диэлектрик. Во многих случаях сантиметровые и миллиметровые волны передаются с помощью специальных металлических труб — волноводов. Если внутри трубы установить ряд перегородок с отверстиями, то скорость распространения волны по такой трубе сильно уменьшится.

Значит, выбрав подходящие размеры трубы и перегородок, откачав из нее воздух и пропустив через нее пучок быстрых электронов, сгруппированных в сгустки, можно получить таким образом мощное черенковское излучение миллиметровых волн. Оно будет образовываться здесь в результате взаимодействия электронов с отдельными отсеками волновода и сложения образующихся при этом электромагнитных волн.

Так эффект, открытый советским ученым и казавшийся ранее лишь интересным физическим явлением, уже входит в технику.

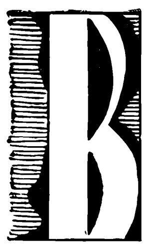
...В прошлом веке в Швеции жил очень богатый предприниматель и инженер Альфред Нобель, тот самый, который изобрел динамит. В своем завещании Нобель распорядился употребить свое огромное состояние на присуждение премий ученым, сделавшим важные научные открытия. С тех пор Шведская академия наук ежегодно присуждает Нобелевские премии за наиболее интересные и важные научные работы. Такую премию когда-то получили всем известные ученые Рентген, Эйнштейн, Фредерик Жолио-Кюри; русские ученые Павлов, Мечников. И. Е. Тамм, И. М. Франк и П. А. Черенков были награждены этой премией в 1958 году за открытие и толкование эффекта Черенкова — Вавилова.

СЛЕДЫ В ТУМАНЕ

Каждый сезон приносит новый мезон.

Шутка академика С. И. ВАВИЛОВА

КТО РАЗДЕВАЕТ АТОМЫ?



наши дни трудно найти человека, ничего не слышавшего о космических частицах. В начале века о них не знал никто.

Однако уже тогда начали распространяться слухи о каких-то таинственных лучах, о разрушенных атомах, якобы обнаруженных в воздухе.

Это были удивительные находки. Среди полноценных атомов в воздухе попадались атомы с «ободранными» электронами!

Как обнажились атомы? Откуда в воздухе появлялись очаги электричества?

Тогда еще было свежо впечатление от наделавших много шума невидимых лучей Беккереля, открытых в 1896 году. Чудесная и поучительная история этого открытия долго обсуждалась в кругах ученых.

Французский физик изучал люминесценцию ураниловых солей, которые ярко светились в темноте, если их до этого выставить под лучи солнца. Беккерель предполагал, что солнце заставляет эти соли вместе с видимым светом испускать и рентгеновы лучи. Ему удалось доказать на опыте, что ураниловые соли при этом засвечивают фотопластинки, защищенные непрозрачной черной бумагой. Это показалось Беккерелю важным открытием, и он 24 фев-

раля 1896 года доложил о нем Парижской академии наук.

Чтобы уточнить природу вновь открытого явления, Беккерель подготовил к опыту новую партию фотопластинок и, завернув их в черную бумагу, положил на каждую из них по пластинке, покрытой солью урана. Но природа воспротивилась намерениям ученого. Солнце скрылось, и надолго установилась пасмурная зимняя погода. Лишь в воскресенье 1 марта 1896 года выглянуло солнце.

Но Беккерель был опытным экспериментатором. Он не спешил. Прежде чем начать опыты, он проверил, не испортились ли пластинки за время долгого пребывания в столе.

Проявив несколько из них, он с величайшим удивлением увидел, что они потемнели, хотя ураниловые соли не освещались солнцем и, следовательно, не могли люминесцировать.

Да, Беккерель был настоящим исследователем. Он не прошел мимо странного случая, не отнес это за счет плохого качества фотопластинок. Ученый тщательно изучил все обстоятельства и установил, что урановая руда сама по себе испускает невидимые активные лучи, проникающие сквозь непрозрачные тела. Так сочетание случая, наблюдательности, логического мышления и экспериментального искусства ученого привело к открытию радиоактивности.

Радиоактивность стала модой, ею пытались объяснить все непонятные явления. И когда ученые обнаружили постоянное присутствие в воздухе атомов, потерявших один или несколько электронов, в этом прежде всего обвинили радиоактивность. Тем более что действительно небольшое количество радиоактивных веществ обнаружили в почве, в воде, в воздухе.

Вот на эти-то естественные радиоактивные загрязнения прежде всего и пало подозрение. Они-де испускают лучи, которые разрушают атомы воздуха и обрывают с них электроны, словно виноградины с кисти. Они и являются причиной того, что вместе с нейтральными атомами в воздухе встречаются отрица-

тельно заряженные электроны и положительно заряженные остатки разбитых атомов — ионы.

Вот почему воздух атмосферы слегка ионизирован, говорили большинство ученых мужей, многие из которых на месте Беккереля просто-напросто выбросили бы засвеченные фотопластинки в мусорный ящик.

Для них все было ясно, никакой таинственности, ведь радиоактивность уже открыта, стоит ли этим заниматься...

И скептики с удивлением наблюдали, как немногочисленные энтузиасты оставляли свои обжитые теплые кабинеты и отправлялись в самые немыслимые путешествия в разные места земного шара только ради того, чтобы выяснить причину заинтересовавшего их явления.

И что же? Эти чудаки возвращались торжествующими! Да, их подозрения относительно странной ионизации воздуха оказались не напрасными.

Выяснилось, что над пустынным океаном ионизация воздуха лишь немного меньше, чем над сушей, а на вершинах гор она заметно больше, чем на равнинах. Но теперь возникали новые вопросы. При чем здесь радиоактивность почвы и воды? Может быть, все же виновата радиоактивность воздуха? Нет, измерения и расчеты неоспоримо показали, что она слишком мала и не может вызвать наблюдаемую ионизацию. Значит, твердили чудаки, нужно искать другую, неведомую еще причину таинственного разрушения атомов воздуха.

И поиски продолжались. Но еще долго все попытки обнаружить ионизирующий фактор или открыть механизм ионизации, действующий в горах сильнее, чем в низменностях, не приводили к успеху. Загадка казалась неразрешимой.

Вот тогда-то австрийский ученый Гесс высказал парадоксальную догадку о том, что причину ионизации атмосферы надо искать не на Земле. Причиной является излучение, приходящее из космоса. Что представляет собой это излучение, откуда оно исходит, из чего состоит, каков его характер, какие последствия, кроме ионизации воздуха, оно вызывает —

на эти вопросы в то время, а это происходило в первое десятилетие нашего века, ни Гесс, ни другие ученые ответить не могли. Да и как бы они могли ответить, если экспериментальная техника того времени была весьма несовершенной. Век электроники только начинался.

НАЙДЕННЫЙ МИР

Попробовав суп на вкус, невозможно что-либо сказать о его химическом составе, о наличии в нем витаминов и ферментов. Язык — слишком несовершенное орудие для такого анализа.

Первые опыты с неизвестным излучением делали при помощи очень примитивных приборов. В то время самым острым оружием для таких экспериментов была стеклянная, герметически закупоренная банка, в которой дышали два тоненьких, напоминающих крылья порхающей бабочки листочка фольги. Они были подвешены к металлическому стержню, проходящему сквозь пробку банки. Если банка попадала в очаг электричества, металлический стержень тотчас передавал заряд крылышкам. А те, как и положено одноименно заряженным телам, отскакивали друг от друга. И тем сильнее, чем больше был их заряд. Так по взмаху крылышек ученые определяли, конечно, очень приблизительно, степень ионизации среды, окружающей банку.

Захватив с собой столь несовершенных помощников, первые энтузиасты высотного излучения, как его тогда называли, пробирались поближе к вершинам гор, погружались в кристально чистые горные озера или спускались под землю в глубокие шахты. Ученые ездили к студеному полярному морю или плыли вдоль экватора. Они поднимались даже на воздушных шарах, что требовало в то время немалого героизма, или, на худой конец, забирались на колокольню либо пожарную каланчу. Короче говоря, они пробирались, вооруженные чуткими крылышками, туда, где, по их расчетам, не было естественных радио-

активных загрязнений, которые могли влиять на ионизацию воздуха и тем самым спутать им все карты.

И конечно, толкала их вперед не жажда приключений или любовь к туризму. Их влекло в мир непознанного стремление разгадать тайны, которыми так богата природа.

Как почти в любой области знания, ученые прошли полосу ошибок и заблуждений. Если им удавалось ценой больших усилий провести точный эксперимент (точный в пределах очень небольших возможностей техники того времени), то подводила разноречивость сведений, собранных различными исследователями, противоречивость их выводов о существе открытия.

Удачи и ошибки складывались, вызывая все больший интерес к новому явлению. И надо сказать, что удачи были очень скромны и малоэффектны, а потому вначале почти незаметны. Зато вокруг ошибок всегда клубились споры и дискуссии. Сколько шума, например, наделала гипотеза американца Милликена, которая затем оказалась ошибкой!

Начал Милликен с большой удачи: ему посчастливилось правильно определить мощность нового излучения, что было нелегко. Но когда он попытался понять природу явления, то поддался на приманку эффектной аналогии.

Милликен, по-своему взвесив результаты опытов, пришел к выводу, что космическое излучение подобно свету. Но отличается оно от света тем, что испускается не поверхностью Солнца и звезд, а рождается в их недрах. Он думал, что в недрах звезд ядра атомов сжаты таким колоссальным давлением и накалены до столь чудовищной температуры, что полностью преобразуются в кванты мощного, проникающего излучения, аналогичного гамма-лучам радия.

Но впоследствии оказалось, что Милликен не заметил в своей теории существенной ошибки. Если бы все было так, как он предполагал, то ни Солнце, ни звезды не могли бы существовать. Они были бы не-

устойчивы. Давление гипотетического излучения не могло быть уравновешено силами притяжения.

Со временем было установлено, что космические лучи вовсе не электромагнитное излучение и совсем не подобны ни свету, ни рентгеновым или гамма-лучам. Но тогда...

Началась и кончилась первая мировая война. В России победно отгремела революция. А в области физики космических лучей все по-прежнему было ново и неизведано, все по-прежнему оставалось на грани догадки, смелой гипотезы. Недаром после первых шагов еще лет десять длился спор о самом существовании космического излучения. В это время большинство ученых всего мира резко критиковало догадки Гесса или обходило их молчанием, предпочитая заниматься более насущными научными проблемами. Лишь немногие, самые упорные, старались разобраться.

Кого же из них назвать? Мысовский и Вериго в СССР, Гесс в Австрии, Кольхерстер и Регенер в Германии да еще несколько имен. Но уж они-то были полностью увлечены загадкой внеземного излучения. Лишь они угадывали за немногочисленными и малопонятными фактами возможность ответа на самые сокровенные загадки космоса. Им хотелось во что бы то ни стало ухватиться за неуловимую ниточку, чтобы распутать клубок космических проблем.

Но исследование высотного излучения было лишь второстепенной задачей среди научных проблем первой четверти XX века. Начало нашего столетия принесло физикам много блестящих побед. Одна за другой под напором человеческой мысли распахивались двери в неведомое, трещали и рушились стены прекрасного и, казалось, незыблемого здания классической физики... На научном небосводе вспыхнули имена Планка, Эйнштейна и других творцов современной физики, изменивших понятия человека об энергии, пространстве, времени и массе. Вместо прежних механистических взглядов на природу пришли новые глубокие идеи о прерывности электромагнитной

энергии, об атомах света, о взаимодействии вещества и энергии, о связи пространства и времени и делимости атомов вещества на еще более элементарные частицы... Ломались устоявшиеся представления, ученые привыкали смотреть на мир новыми глазами.

Естественно, что передовые идеи не могли не отразиться на зарождающейся области физики, не могли не скреститься под новым углом зрения, не могли не повлиять на подход к непонятному явлению и методы его анализа. Эти идеи принес в новую область знаний молодой советский ученый Дмитрий Владимирович Скобельцын.

Скобельцын родился в семье профессора физики. Поэтому он вошел в науку с запасом лучших традиций русских ученых. Он происходил из семьи, настроенной в политическом смысле революционно, поэтому не боялся и в исследованиях ломать устаревшие взгляды и допотопные методы.

Это, возможно, стало предпосылкой его замечательных достижений в зарождающейся науке о космических лучах.

СЛЕДЫ В ТУМАНЕ

Началась вторая четверть XX века. Тридцатичетырехлетний Скобельцын не избег увлечения модными в то время работами знаменитого ученого Комптона, который изучал взаимодействие рентгеновых лучей с веществом. И действительно, опыты Комптона были так заманчивы, что не могли не привлечь самого острого внимания, не могли не будить воображение настоящего ученого.

Американский физик, изучая взаимодействие рентгеновых лучей с веществом, получил возможность воочию убедиться в характере отношений, царящих в микромире.

Вот квант рентгеновых лучей, подобно невидимому бильярдному шару, со скоростью света налетает на электрон — второй шар — и приводит его в дви-

жение. Столкнувшись, квант отдает электрону часть своей энергии.

Но сколько квант отдает и сколько оставляет себе? Было ясно, что величина переданной энергии зависит и от первоначальной энергии рентгеновского кванта и от направления, в котором полетит электрон.

Но Комптону никак не удавалось точно измерить энергию, получаемую электроном в отдельном акте взаимодействия. Ни он, ни другие ученые, бившиеся над этой задачей, не могли надежно оценить такую малую порцию энергии. Эту цель и поставил перед собой Скобельцын, решивший во что бы то ни стало проверить теорию Комптона прямым экспериментом.

Он хотел измерить величину отдельных атомов энергии и надежно подтвердить предположение о прерывистой природе электромагнитной энергии. Кроме того, электроны невидимы, а ученому хотелось увидеть весь акт собственными глазами. Но как это сделать?

Скобельцын решил воспользоваться для этого одним остроумным прибором. Прибором, который умел невидимое сделать видимым. Описание его работы похоже на парадокс: в приборе образуется туман, помогающий видеть. В современном исполнении вместе с системой автоматического управления камера Вильсона (так называется прибор) напоминает заряженное ружье, готовое выстрелить при нажатии курка. Курком служит невидимая частица, несущая на себе электрический заряд. Попав в камеру Вильсона, наполненную смесью аргона с парами воды и спирта, она разбивает на своем пути встречные молекулы, образуя ионы. И те невидимой цепочкой выстраиваются вдоль пути частицы. На этих ионах осаждаются капельки воды, прочерчивая четкий туманный след невидимой частицы.

Так Дмитрий Владимирович решил первую часть задачи: увидел след электрона. Но сказать что-либо о взаимодействии электрона с электромагнитным полем ученый по-прежнему не мог.

Перебирая множество способов измерить силу

взаимодействия таких невидимых глазу объектов, как электрон и отдельный квант энергии, Скобельцын, возможно, вспомнил увлекательную игру, называемую китайским бильярдом.

В наклонной доске сделаны лунки. Играющий, толкая шарик, лежащий в гнезде в нижней части доски, должен загнать его в лунку. Шарики, двигаясь по доске, описывают кривые линии. Чем медленнее начинает свое движение шарик, тем больше искривлен его путь. Если толкнуть шарик сильно, то есть сообщить ему большую начальную энергию, он покатится по более пологой кривой. Сила, искривляющая путь шарика, — это сила притяжения. Если доска китайского бильярда лежит горизонтально, то играть невозможно. Шарики будут двигаться по прямым, как в обычном бильярде, и в лунки не попадут — специальная загородка не позволяет толкать их прямо к лункам.

Но если шарики сделать из железа, а вблизи доски поместить сильный магнит, игра вновь приобретает смысл. Теперь магнитное поле, заменив поле тяжести, будет искривлять пути шариков.

Очень похожий по смыслу опыт и был задуман Скобельцыным. Он решил поместить в магнитное поле... камеру Вильсона. Вместо шариков использовать электроны, а роль толкачей поручить квантам гамма-лучей радия.

Так он и поступил. Взял достаточно сильный магнит, поместил между его полюсами камеру Вильсона и пропустил через нее гамма-лучи радия. Лучи, встречая на своем пути атомы вещества, заполняющего прибор, выбивали из них электроны. Чем большую энергию несли с собой лучи, тем большую скорость движения приобретали электроны, тем меньше искривлялся их путь под влиянием магнитного поля.

Теперь ученый получил возможность по характеру искривления путей электронов, следы которых появлялись в приборе, и по углам их вылета из атомов судить не только об энергии электронов, но и об энергии квантов исследуемых лучей.

Это был остроумный и точный способ измерения

энергии не только электронов, но любых заряженных микрочастиц. Весть о нем быстро облетела весь научный мир.

Комптон направил молодому советскому ученому письмо, в котором поздравил его с изобретением нового метода и с важными для науки результатами опыта.

Новый метод широко вошел в практику физических лабораторий. Он дал в руки ученых способ, которым по кривизне следа электрона или другой заряженной частицы можно определить не только знак заряда, но и энергию частицы. То есть можно опознать ее!

Впоследствии метод Скобельцына помог ученым познакомиться с целой плеядой микрочастиц. Но это пришло позже. Когда же Скобельцын впервые применил свой метод, это прежде всего помогло родиться науке о космических лучах.

НЕВИДИМЫЙ ДОЖДЬ

Однажды, проводя очередной опыт при помощи камеры Вильсона, Скобельцын разглядел частицу, которая летела в сотни тысяч раз быстрее, чем пуля или снаряд! Дмитрий Владимирович обнаружил след заряженной частицы, путь которой вопреки обыкновению не искривлялся магнитным полем, созданным в камере.

«Ого! — подумал ученый. — Так может вести себя только частица с очень большой энергией. Даже магнитное поле не может отклонить ее с пути! Откуда же она могла взяться?..»

Его измерения показали, что ни один из известных земных радиоактивных источников не мог испустить частицу со столь высокой энергией.

Скобельцын пришел к выводу, что наблюдаемое им явление неземного происхождения. Следы вели в космос.

Постепенно Скобельцын и ученые, продолжавшие изучать причину ионизации атмосферного воздуха, по-

няли, что наблюдаемые ими явления тождественны; что предполагаемые космические лучи не электромагнитное излучение неизвестного типа, а поток заряженных частиц. Так теперь их и называют частицами космических лучей, напоминая прошлую ошибку и разъясняя действительное положение вещей.

С того памятного дня, когда первая космическая частица залетела в прибор Скобельцына, ученый попал в плен увлечения космическими лучами. И он перенес свою работу в область физики космических частиц и увлек за собой своих учеников.

Так была заложена основа советской школы специалистов в науке о космических частицах. Так было посеяно зерно, выросшее со временем в ветвистое дерево физики космических частиц.

Началось систематическое изучение космических частиц. Наблюдая в камере Вильсона сотни, тысячи быстрых космических частиц, изучая форму их следов, определяя их массу, энергию, заряд и другие данные, ученые узнали, что большинство космических частиц — это ядра водорода, протоны. Меньшинство — ядра других элементов. Ученые убедились, что космические частицы не такая уж редкость. Но прежде чем они достигнут поверхности Земли, в атмосфере происходят миллиарды столкновений между ними и атомами воздуха. При этом завязываются и разрываются невидимые связи между космическими частицами и электромагнитными полями атомов.

Ведь только нам, жителям большого мира, кажется, что воздух прозрачен и бесплотен. Для космических частиц, обитательниц микромира, воздух густ, как самый дремучий лес, полон препятствий, насыщен силами притяжения и отталкивания.

Космическая частица, попав в земную атмосферу, испытывает каскад удивительных превращений. Например, столкнувшись с ядром атома азота или кислорода воздуха, она может разбить его и породить новые частицы, передав им свою энергию. Те, в свою очередь, тоже могут разбить ряд ядер. Так по мере приближения к поверхности Земли постепенно уве-

личивается число частиц. Лавина растет, охваченная порывом этой своеобразной цепной реакции.

Наиболее прозорливые ученые поняли, что в разгадке свойств космических частиц содержится ответ не только на космические проблемы, но и на чисто земные вопросы. И в частности, в них таится возможность подхода к тайнам строения атомного ядра. Эти ученые решили использовать космические частицы как орудие для разрушения атомных ядер.

Очень хорошо, рассуждали они, что космос позаботился доставить нам частицы колоссальных энергий. Ведь мы еще не умеем у себя на Земле фабриковать такие снаряды. Используем же их в качестве своеобразного молотка, разбивающего атомы, или в качестве микроскопической бомбы, взрывающей ядра материи, — и посмотрим, что у них внутри!

Ведь при попадании первичной космической частицы в атмосферу рождаются массы разнообразных частиц, и среди них могут быть еще неизвестные! Кроме того, космические частицы обладают такой колоссальной энергией, что, влетев в земную атмосферу, не только «сдирают» электроны с попавшихся по пути атомов, но и вдребезги разбивают ядра некоторых из них. И если суметь проанализировать процессы ядерных и электромагнитных взаимодействий при таких высоких энергиях, можно, наконец, пролить свет на структуру материи, ее элементарных частиц!

Но чтобы «взвесить» все эти вновь рожденные частицы, определить их массу, энергию, скорость, ученым приходилось быть не менее изобретательными, чем их коллеги, которые решали задачу о взвешивании Земли и других планет.

Однако техника эксперимента совершенствовалась. В помощь камере Вильсона появились и другие приборы: автоматические установки с ионизационными камерами, в которых космические частицы вызывали электрический разряд разной величины; фотоэмульсии, в которых благодаря почернению зерен серебра можно было выследить почти всех участников микроскопической катастрофы; счетчики Черен-

кова и различные комбинации этих приборов с радио-техническими схемами.

Постепенно ученым удалось не только «увидеть» самое космическую частицу, не только измерить ее массу, скорость и энергию.

Настал день, когда ученые увидели, как, разбив встречный атом, космическая частица родила позитрон — еще никем не виденную частицу.

НЕПОКОРНЫЙ ДЖИНН

Это не было очередным открытием. Или очень интересным открытием. Или даже чрезвычайно важным открытием. Это был смерч в без того бурном океане науки. С крошечным позитроном в мир привычных образов ворвался мир античастиц. Загадочный антимир.

Молодой английский физик Поль Дирак, к имени которого теперь недаром прибавляют «гениальный», весьма интересовался электроном. Он не рассматривал его в камере Вильсона, не пытался подстеречь его встречу с квантами гамма-лучей. И не потому, что камеры Вильсона тогда не было. И не потому, что он не был знаком с работами Скобельцына. Нет, они жили и работали в одно время. Просто Дирак был «чистым» теоретиком. И все опыты с электроном он проводил в уме или на бумаге.

В то время ученые очень мало знали об отношениях электрона и электромагнитного поля и совсем ничего не знали о его внутреннем строении. Они не могли и до сих пор не могут точно сказать, что он собою представляет. То ли это точечная частица, то ли более сложный объект, обладающий определенными размерами. Имеет ли он массу или, как считал видный английский ученый Дж. Дж. Томсон, электрон представляет собою просто сгусток электрического поля. Об электроне ученые говорили только вопросами. Например, почему он не разрывается из-за отталкивания отдельных частей его заряда? Ведь одноименно заряженные тела, должны отталкиваться —

этот закон классической физики еще не терпел поражения. Какие же неведомые силы не дают электрону распасться?

Непонятны физикам оставались законы движения электрона как в атоме вещества, так и в свободном пространстве.

Еще в течение второго десятилетия нашего века все казалось ясным. Строение атома легко воспринималось как подобие солнечной системы — вокруг центрального ядра, как планеты вокруг Солнца, по эллиптическим орбитам движутся электроны. Но не успела начаться вторая четверть века, как от этой ясности не осталось и следа. Орбиты, придуманные Бором, оказались фикциями, и, хотя эти слова еще применялись, физики знали, что это только жаргон, условное наименование, означающее часть окрестности ядра, в которой находится электрон. Можно представить себе, что мы фотографируем быстро движущийся электрон. Даже самый быстрый затвор не даст моментальной фотографии. Если такой опыт можно было бы выполнить, на пластинке оказалось бы туманное облако, окружающее ядро. Электрон побывал в каждой точке этого облака, но в какой момент и как долго он был в данной точке, определить нельзя. Электрон ускользал из самых хитроумных математических построений, и невозможно было определить, где и с какой скоростью он движется в данный момент.

Это была какая-то чертовщина. Если бы речь шла о движении обычного камня, можно было написать целую поэму в формулах. А электрон не уживался ни в одном уравнении. Он все время вступал в противоречие с окружающей средой.

Дирак упорно пытался найти истинный закон поведения электрона, написать хотя бы уравнение его движения в свободном пространстве.

И такое уравнение он, наконец, написал. Это было в 1928 году. Но, как ни странно, на первых порах ни он сам, ни другие ученые не обрадовались этой находке. Вопрос не стал от нее яснее. Напротив...

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ РЫБЫ

Уравнение Дирака повело себя как непокорный джинн, неосторожно выпущенный из бутылки. То, что прочли ученые в этом уравнении, показалось им, мягко выражаясь, недоразумением. Более крепким словом они не хотели обидеть автора. Наравне с реально существующим отрицательно заряженным электроном в нем занял равноправное место положительный электрон! «Не парадокс ли это?» — думал невольный виновник этого странного открытия. Дирак вовсе не искал эту частицу. Он даже не подозревал о ее существовании.

Таких частиц в природе вообще никто не встречал. Если обычный электрон отталкивается от отрицательно заряженного тела, новый, дираковский электрон должен им притягиваться. Если в магнитном поле «старый» электрон побежал бы в одну сторону, «новый» свернул бы в другую. Из уравнения смотрел невиданный, удивительный, положительный электрон.

Когда ученый создавал формулу еще не познанного явления, у него в мыслях даже намека не было на столь странную частицу. Не удивительно, что прошло несколько лет, а ученый все еще ничего не мог объяснить коллегам. Как сказал один физик: «В течение нескольких лет существовал заговор молчания относительно этих неприятных решений релятивистского уравнения Дирака».

Но вскоре сомнения разрешил сам Дирак. Он вдруг вспомнил задачку, которую решал в дни студенчества.

То ли это просто легенда, то ли так было в действительности, но физики любят рассказывать, как Дирак удивил всех на рождественском конкурсе, ежегодно организуемом Кембриджским студенческим математическим обществом. Участникам конкурса была предложена, казалось, простенькая задачка. Ее, возможно, давно забыли бы и участники конкурса и сам Дирак, если бы она не послужила косвенной причиной открытия антимира. Вот эта задача.

Трое рыбаков рыбачили в темную ненастную ночь.

Вместе с уловом они остались на необитаемом острове, чтобы дождаться утра. В середине ночи буря утихла, и один из рыбаков решил покинуть остров, захватив с собой свою треть улова. Ему не хотелось будить остальных. Он разделил добычу на три равные части, но при этом одна рыба осталась лишней. Выбросив ее в море и забрав свою треть, он покинул спящих. Вскоре после этого проснулся второй рыбак, который совсем не подозревал, что один из его товарищей уже ушел, и снова начал делить улов. Как и первый рыбак, он разделил всю рыбу на три равные части, и у него тоже одна рыба оказалась лишней. Выбросив эту лишнюю рыбу в море, он забрал свою часть улова и уплыл. То же сделал и третий рыбак, проснувшись несколько часов спустя: он снова поделил оставшуюся рыбу на три равные части, и опять у него оказалась одна лишняя.

От участников конкурса требовалось найти число рыб, которое удовлетворяло бы условиям этой задачи.

Каково же было изумление жюри, когда оно прочло ответ студента Дирака. По его решению, рыбаки выловили минус две рыбы! Но этот несуразный ответ удовлетворял всем условиям задачи!

Возможно, этих-то стрицательных рыб Дирак и вспомнил, когда неумолимые законы природы подсунули ему невиданную частицу. Тогда-то Дирак и представил научному миру свою странную находку и уверенно заявил, что электроны с отрицательной энергией столь же реальны, как электроны с энергией положительной. Но это не обычные электроны, а позитроны — частицы, во всех отношениях подобные электронам, но несущие положительный заряд.

Более того, ученый огорошил своих коллег предположением, что все частицы в природе существуют парами, что каждой заряженной частице соответствует своя античастица с такой же массой, но с зарядом противоположного знака. Дирак справедливо решил, что если существует пара для электрона — позитрон (так назвали антиэлектрон), то должна существовать

и пара для протона. Если существуют атомы водорода, должны существовать и атомы антиводорода. То есть в природе наравне с веществом должно равноправно существовать и антивещество.

Итак, как сказал знаменитый швейцарский физик Паули, «тонкое природное чутье физика помогло Дираку начать свои рассуждения, не зная, что они приведут к теории, которая обладает точной симметрией по отношению к знаку заряда, в которой энергия всегда положительна и в которой предсказывается рождение и аннигиляция пар».

Уравнение Дирака толкало ученых на путь удивительных открытий.

КАСКАД СЕНСАЦИЙ

И действительно, еще свежо было впечатление от феноменального открытия Дирака, еще памятны были годы молчания, которым деликатно обходили физики дираковское уравнение, когда американский ученый Андерсон впервые увидел след положительно заряженного электрона, рожденного в камере Вильсона при прохождении через нее космической частицы. Его путь искривлялся магнитным полем в направлении, противоположном пути обычного электрона. Все остальные признаки совпадали. Несомненно, это был тот самый позитрон, существование которого гениально предсказал Дирак.

Это было в 1932 году. Появление позитрона стало мировой сенсацией, гвоздем четвертого десятилетия нашего века. Двери в антимир были открыты. Физики ринулись открывать новые «земли». Они с упоением отдались поискам других частиц и античастиц.

Камера Вильсона решила, видно, сыграть роль рога изобилия. И вслед за первой сенсацией породила вторую, потом третью, четвертую... целый каскад новых элементарных частиц и античастиц.

Охотники за космическими частицами еще ниже склонились над своими установками. Они стали еще пристальнее рассматривать фотографии, испещренные

толстыми и тонкими, еле видными и отчетливыми линиями — следами промелькнувших космических частиц и осколков разбитых атомов. Физики проявляли чудеса наблюдательности, копаясь в путанице ничего и никому, кроме них, не говорящих следов. И наконец — это было в 1936 году — Андерсон и Неддермайер разглядели еще одну, никем из людей не виденную частицу. Она двигалась проворнее протона, но солиднее электрона. Она была легче первого, но тяжелее второго. Так ее и назвали—«мезон», что значит по-гречески «промежуточный».

Судьба этой частицы очень напоминает судьбу дираковского позитрона. Мезон тоже был введен в науку пером физика-теоретика. Японский ученый Юкава в 1935 году при разработке теории ядра был вынужден ввести особое поле ядерных сил, квантами которых, по его расчету, должны являться особые частицы, масса которых составляет около 200 масс электрона, то есть была примерно в 10 раз меньше массы протона.

Давно уже не было секретом, что делим не только сам атом, но и его ядро, что, когда космическая частица прямым ударом разбивала ядро, оно разлеталось на осколки — ядра более легких атомов и одиночные протоны и нейтроны. Протоны ни в ком особого интереса не вызывали. Это были давно известные ядра атомов водорода, из которых природа лепит ядра более тяжелых элементов. Нейтроны, эти нейтральные, незаряженные частицы, тоже уже были знакомы ученым. Но что являлось действительно тайной за семью печатями, так это вопрос о том, как протонам и нейтронам удается сплестись в столь прочный клубок, как атомное ядро. Ведь это не дом, где кирпичи связаны известью; не дерево, пронизанное волокнами; не живой организм из клеток. Что же это такое — атомное ядро? Что связывает его в единое целое? Короче, какова природа ядерных сил, преодолевающих электрические силы отталкивания положительно заряженных протонов?

И Юкава ответил на этот вопрос просто и гениально. Он сказал... Впрочем, представьте себе такую

картину. Вдоль дороги идут двое. Не останавливаясь, они все время перебрасывают друг другу мяч. Из-за этого они не могут отойти друг от друга дальше некоторого определенного расстояния. Если издали смотреть на этих людей, то мяча не видно и можно подумать, что эти двое просто дружески беседуют, по-приятельски идут рядом и что их удерживают друг около друга некие силы притяжения.

— Подобные силы притяжения и испытывают протоны и нейтроны в атомном ядре, — сказал Юкава. — Они могут без отдыха биллионы веков «играть в мяч», перебрасываясь мезонами, пока какой-нибудь снаряд, вроде космической частицы, не нарушит это приятное занятие. Тогда, выронив «мяч», протоны и нейтроны брызнут из ядра, и оно погибнет. При этом можно обнаружить и мезоны.

Эту драматическую ситуацию ученым и удалось подстроить и подстеречь в своих приборах. Они стали свидетелями представления, разыгравшегося за кулисами микромира, и смогли увидеть ее актеров без масок.

Так они познакомились с мезоном.

ОДИН В ТРЕХ ЛИЦАХ

Однако вскоре выяснилось, что мезоны Андерсона и Неддермайера, масса которых равна 207 электронным массам, -- это не мезоны Юкавы. Это другие частицы. Было установлено, что они не участвуют в образовании ядра и по поведению скорее напоминают электроны. Но в отличие от электронов эти мезоны (теперь их называют мю-мезонами) неустойчивы. Через миллионную долю секунды после своего рождения они распадаются на электрон и два нейтрино, уносящие с собой энергию, соответствующую примерно 200 массам электрона.

А что же мезон Юкавы? Ошибка, заблуждение ученого? Или, как позитрон Дирака, он явился слишком рано, опередив возможности эксперимента? Да, мезон, найденный Юкавой на бумаге, был открыт

в действительности лишь через 10 лет английским ученым Поуэлом, который применил новую экспериментальную методику.

Новым окном в природу была толстая фотографическая эмульсия, внутри которой после проявления возникали следы самих космических частиц и тех частиц, которые они выбивали из ядер атомов, входящих в фотоэмульсию.

Частицы, открытые таким образом в 1947 году, имели массу, близкую к вычисленной Юкавой.

Оказалось, что этот мезон, его назвали пи-мезоном, существует в трех разновидностях — два из них, заряженные (положительный и отрицательный), в 273 раза тяжелее электрона, и третий — нейтральный, масса его составляет 264 электронные массы. Они действительно участвуют в образовании связей между ядерными частицами — протонами и нейтронами.

Эти частицы еще неустойчивее, чем мю-мезоны. Заряженные пи-мезоны живут лишь одну стомиллионную долю секунды, распадаясь на мю-мезон и нейтрино. Нейтральный пи-мезон живет еще в 100 миллионов раз меньше. Именно поэтому пи-мезон — ядерный мезон Юкавы — был открыт позже мю-мезона, на некоторое время сбившего ученых на ошибочный путь.

Но, как говорят, лиха беда — начало. За первым мезоном, действительно как из рога изобилия, посыпались другие элементарные частицы. Стала популярной шутка академика Вавилова: «Каждый сезон приносит новый мезон». И это верно отражало положение дел.

Так ученые при помощи космических лучей нашли новый путь изучения строения атомного ядра.

НА КРЫШЕ МИРА

...Вблизи высочайших вершин Восточного Памира, в семнадцати километрах от озера Ранг-Куль, около которого расположена пещера сокровищ Мата-Таш,

находится большое здание Памирской станции Физического института Академии наук СССР и разбиты полевые лаборатории экспедиции физиков. Здесь не замирает научная жизнь: проводятся семинары, аккуратно идут дежурства в домиках-лабораториях.

Обслуживание разнообразных приборов требует от участников экспедиции самой широкой подготовки. Они должны быть искушены не только в науке о космических лучах, но и в оптике, радиотехнике, автоматике, фотографии. А руководитель группы широких атмосферных ливней доктор физико-математических наук Зацепин в первые годы существования Памирской базы был домашним врачом экспедиции. Он с успехом вправлял вывихи, вытаскивал из глаз соринки и даже, пользуясь справочником, лечил воспаление легких...

Сейчас на Памире имеются прекрасные помещения с водопроводом и автоматической телефонной станцией, а к услугам штатного врача — первоклассное оборудование. На территории экспедиции разбросаны десятки маленьких домиков-лабораторий.

Одни из них напоминают мастерские, где чинят радиоприемники и телевизоры. На столах, на полу громоздятся всевозможные наполовину разобранные приборы. Это обитель электронщиков.

В других в темноте колдуют фотоспециалисты, проявляя целые фильмы о космических частицах.

В третьих царствуют автоматы, по размерам не уступающие книжным шкафам. Их панели сплошь усеяны нумерованными глазками перемигивающихся красноватых лампочек. Панель с лампочками и остроумным радиотехническим устройством вместе со специальными счетчиками образует годоскоп — систему для ловли «капель», составляющих ливни космических частиц.

Вот загорелась пятая лампочка — значит частица прошла через пятый счетчик. А вот сработал десятый, третий, восьмой...

Так прослеживается путь частиц в ливнях. В некоторых советских годоскопах применяются тысячи счетчиков. За мигающими лампочками, конечно, не

уследишь. Да это и не нужно. Смена годоскопических картин фиксируется на кинопленке, которая затем тщательно, не спеша изучается дома, в московской лаборатории.

НЕСЪЕДОБНЫЙ СТУДЕНЬ

В лабораторию Физического института имени Лебедева Академии наук СССР стекаются результаты опытов Памирской и других экспедиций физиков, завозятся стопки фотопластинок и целые бочонки со студнем фотоэмульсии, летавшие на шарах-зондах и самолетах.

Чтобы определить энергию ливня, надо подробно изучить проявленную фотоэмульсию. Справиться с такой задачей иногда просто не по силам ученым одной страны. И космики объединяют свои усилия. Они разрезают необычный студень на куски и рассылают в разные страны. Немало времени потратили и советские ученые, разрезая куски студня, прибывшие к ним из Англии, Венгрии, Польши и других стран, на тончайшие листики, подобные фотопластинкам, и прослеживая в них отпечатки микроскопических катастроф.

Если вы когда-нибудь попадете в Физический институт имени Лебедева, зайдите в лабораторию космических частиц, которой заведует один из многих учеников Скобельцына, профессор Николай Алексеевич Добротин. Там в комнате, похожей на медицинскую лабораторию, вы увидите ряд столов с микроскопами и коробками с образцами. Поинтересуйтесь, что так внимательно разглядывают в объектив девушки-лаборантки, что они аккуратно записывают время от времени в тетрадь?

И если вы заглянете в микроскоп, то увидете множество темных крупинок. Одни из них сливаются в сплошную линию, другие разбросаны без всякого порядка.

Плавно поверните винт фокусировки микроскопа...

После первых минут неразберихи станут явственно проступать следы частиц. Если вы увидите следы, расходящиеся в разные стороны из одной точки, считайте, что вам повезло. Вам попалась «звезда» — результат прямого попадания космической частицы в ядро атома эмульсии.

Вглядитесь в «звезду» — вот короткий и толстый след, его могла оставить только тяжелая и медленная частица. Это мог быть протон. А этот длинный пунктирный принадлежит легкой и быстрой частице, наверно, электрону. Лаборант должен измерить длину следа, угол, под которым разлетелись осколки ядра и вновь рожденные частицы. А это позволит рассчитать массу, энергию, скорость частицы — виновницы ядерной «катастрофы». Сколько обнаружено взрывов, столько и расчетов. Долгий, кропотливый труд!

...К 1947 году список элементарных частиц, который в начале века состоял из электрона, протона и кванта света — фотона, заканчивался цифрой «14».

К этому времени на Земле не осталось уже ни одного физика, который сомневался бы в целесообразности нового научного направления. Так смело, так плодотворно оно заявило свое право на жизнь.

Более того, стало ясно, что это одно из важнейших направлений современной физики, что оно открывает важную дорогу в царство атомного ядра.

Так постепенно космические лучи стали важнейшим орудием глубокой разведки недр материи.

ЛИВЕНЬ В ЛОВУШКЕ

Космические частицы развернули перед учеными новые, трудные, увлекательные и спорные страницы жизни микромира. То, что касалось их действий в атмосфере, было уже наполовину открытой книгой. И ученые читали ее успешно. Было уже ясно, что космические частицы обладают огромной энергией: их удары по атомам воздуха по силе могут в масштабах микромира сравниться с атомной бомбардировкой. От одной космической частицы иногда возникают целые

ливни частиц, которые, в свою очередь, обладают большими разрушительными свойствами.

Но о себе космические частицы рассказывали очень неохотно. Физики никак не могли получить сведения о самих первичных частицах, тех, которые вызывают цепную реакцию в ливнях.

Казалось, что может быть проще: оценив общую энергию частиц ливня — ученые уже умели это делать, — судить об энергии первичной частицы, породивший такой фейерверк. Но... тут на пути исследователей встала неожиданная трудность. Ведь на уровне моря число вторичных частиц достигает миллионов, и ловить их пришлось бы на площади в несколько километров. Ясно, что этот путь ведет в тупик. Строить счетчики такого размера технически нецелесообразно. Даже на вершинах гор, где «цепная реакция» ливня еще не развилась в полной мере, число частиц, входящих в один ливень, составляет сотни тысяч.

Как же с ними справиться? Какими приборами их уловить? Может быть, поймать самое первое столкновение?

Но для того чтобы поймать самое первое столкновение на пороге земной атмосферы, исследователи должны были бы поднять свои приборы на аэростатах или ракетах как можно выше, и при этом они столкнулись бы с новой трудностью. Оказывается, количество первичных космических частиц очень невелико. Поэтому на больших высотах, где ливень разлился еще недостаточно, поймать космическую частицу почти невозможно. Здесь, работая с установками малых размеров, пришлось бы ждать частицу... сто лет. Или нужны были бы установки размерами в километры, чтобы за короткое время уловить хотя бы одну первичную частицу.

Значит, надо было создавать более сложную аппаратуру, поднимать ее как можно выше и оставлять в воздухе как можно дольше.

Интересно, что сама мысль о том, что космические частицы надо изучать в верхних слоях атмосферы и еще выше, что частицы, падающие на Землю, лишь

потомки настоящих первичных космических лучей, возникла гораздо раньше, чем ее можно было доказать. Техника воздухоплавания долго тормозила развитие физики космических лучей.

Космическая эра началась лишь в 1957 году, но физика космических лучей и раньше всеми силами набирала высоту. И в горах, и на самолетах, и на воздушных шарах шла интенсивная ловля космических частиц. Естественно, все были уверены, что чем выше забраться навстречу таинственным незнакомкам, тем ближе к истине.

Еще совсем недавно — даже в тридцатых годах — высота набиралась очень медленно. Пионер исследования космических лучей в стратосфере, бельгийский профессор Пикар поднялся всего на 16,5 километра. Советский стратостат «СССР-1» обогнал его на 2,5 километра. С трудом был поднят потолок полетов до 20 километров. Страны и ученые соревновались в преодолении высоты, в увеличении веса аппаратуры, времени пребывания на высоте.

Но преодоление высот еще не обеспечивало разрешения задач, поставленных перед собой учеными. Попрежнему состав первичного излучения оставался неизвестным. Исследования оказывались слишком кратковременными. Аппаратура была недостаточно совершенна, так как на высоту нельзя было поднять большой груз. Никому из побывавших в стратосфере не удалось «поймать» первичную космическую частицу. Не помогли и шары-зонды, поднимавшие приборы без человека. Часто аппаратура вместе с шарами-зондами пропадала бесследно, оставив в тайне результаты, зафиксированные в полете.

Новое начало в исследовании космических частиц положил советский ученый С. Н. Вернов, который разработал дистанционную связь с приборами, помещенными на шарах-зондах, и научился поднимать в стратосферу сложную аппаратуру весом до 12 килограммов. Для середины тридцатых годов это была огромная победа.

Сведения, переданные автоматами Вернова из стратосферы, содержали известие о том, что почти все

первичные космические частицы — это ядро атомов водорода — протоны, и лишь немногие из них — ядра других элементов.

Но каких? Отражает ли состав космических лучей химическое строение каких-то особых небесных тел — родителей космических частиц, или содержание в них ядер различных элементов характерно для строения всей вселенной?

Еще в 1948 году, когда удалось поднять на высоту до 27, а затем и до 30—33 километров стопку фотопластинок и изучить следы частиц, проникших в эмульсию, было установлено, что в составе космических частиц, кроме протонов — ядер атомов водорода, имеются многозарядные частицы. Они фактически представляли собой не что иное, как атомные ядра различных химических элементов. Какие же это элементы и каково их соотношение в космических лучах?

Проблема химического состава космических лучей долго еще оставалась недоступной.

СКОЛЬКО ТЕБЕ ЛЕТ, ВСЕЛЕННАЯ?

С 1957 года в истории космических частиц начинаются героические страницы. Искусственные спутники Земли и межпланетные ракеты позволили проводить эксперименты и на высоте в тысячу километров и на расстоянии, превышающем миллионы километров от Земли. Теперь длительность опыта могла достигать многих месяцев. Какой огромный материал можно было собрать!

В космос были посланы черенковские счетчики, которым надлежало пролить свет на химическую структуру космических лучей.

В обработке материала, который собрали приборы в космосе, участвовала одна из молодых учениц академика Скобельцына, Лидия Васильевна Курносова (на Международном конгрессе астронавтов в Барселоне она получила паспорт для участия в полете на Луну!). Она рассказывает:

— Когда мы разобрались в показаниях приборов, побывавших в космосе, и сделали необходимые расчеты, мы убедились, что в составе первичных космических лучей больше всего ядер атомов водорода. Они составляют абсолютное большинство — 90 процентов. На втором месте ядра атомов гелия — их 9 процентов; оставшийся процент дополняют ядра атомов более тяжелых элементов: углерода, кислорода, азота, железа. Обнаружили мы и ничтожное количество ядер атомов легких элементов: лития, бериллия и бора. Но точно их количество еще неизвестно. Самыми тяжелыми из надежно зарегистрированных ядер являются ядра кобальта, железа, никеля. Имеются ли среди космических частиц более тяжелые ядра, тоже еще неизвестно. Решение этого вопроса — дело ближайшего будущего.

Так ученые убедились, что в составе космических лучей встречаются ядра атомов тех же элементов, которые имеются и на Земле, и на Солнце, и в звездах. Они удостоверились, что химический состав вселенной един.

Изучая космические лучи, физики не раз задавали себе такой вопрос: сколько времени прошло с тех пор, как космические частицы отправились в свое путешествие?

На первый взгляд этот вопрос кажется праздным. Посудите сами, как может ответить на него человек, оставаясь на Земле или даже побывав в ближайших окрестностях Земли? И тем не менее этот вопрос возникал снова и снова.

Дело в том, что ответ должен был прояснить совершенно неожиданную проблему. Он бросил бы свет на возраст вселенной! Ведь в зависимости от того, как долго космические частицы блуждают в мировом пространстве, меняется и их состав. Частицы сталкиваются между собой; более тяжелые ядра преобразуются в более легкие. А так как состав космических лучей отражает обычное соотношение различных веществ в природе, то по изменению состава космических лучей, дошедших до Земли, по обилию в них легких элементов ученые могли бы судить и о времени блуж-

дания частиц в мировом пространстве. А следовательно, могли бы попытаться ответить на древний вопрос о возрасте вселенной. Астрономические наблюдения на вопрос о возрасте звезд и галактик дают еще очень неопределенный ответ, порядка нескольких десятков миллиардов лет. Это, конечно, слишком приблизительно. Будем ждать более точного ответа.

КОРОНА ЗЕМЛИ

Исследования, проведенные на искусственных спутниках и космических ракетах, помогли узнать и географию мира космических частиц, помогли установить, где и в каком количестве находятся эти частицы вокруг Земли.

Советские ученые С. Н. Вернов и А. Е. Чудаков и американский ученый Ван Аллен сделали открытие, которое во многом изменило прежние взгляды на закономерности изменения состава космических лучей с высотой. Прежде всего выяснилось, что магнитное поле Земли образовало вокруг нашей планеты гигантскую двухъярусную ловушку для космических частиц, которая спутала все карты исследователей. Оказалось, что большое количество электронов и протонов колеблется внутри этих ловушек вдоль силовых линий земного магнитного поля, не имея возможности ни достичь поверхности Земли, ни удалиться в межзвездное пространство.

Как же они попали в эту ловушку? Ведь в отличие от мышеловки эта ловушка не только не выпускает своих пленников, но и не дает им возможности проникнуть внутрь. Ученые дали неожиданное решение этой загадки: частицы, обнаруженные приборами, установленными на спутниках и ракетах, не могли войти внутрь нижнего пояса ловушки и не входили в нее — они родились в ее пределах! Под действием первичных космических лучей атмосфера Земли становится источником нейтронов, а им магнитное поле не помеха. Не имея электрического заряда, нейтроны свободно проникают внутрь магнитной ловушки. Часть

из них распадается внутри этой ловушки, причем из нейтронов возникают протоны и электроны, которые почти не имеют шансов вырваться наружу.

Во внутреннем поясе преобладают протоны. Во внешнем поясе ловушки находятся главным образом электроны. Предполагается, что они проникают в нее во время периодов повышенной активности Солнца, когда магнитное поле Земли изменяется под влиянием потоков заряженных частиц, летящих от Солнца. При этом вход в ловушку как бы приоткрывается и частицы могут проникать сквозь ослабевший заслон магнитных сил. После уменьшения активности Солнца магнитное поле Земли возвращается к обычному состоянию и частицы, проникшие в ловушку, оказываются запертыми в ней.

А совсем недавно советскому ученому К. И. Грингаузу удалось обнаружить и третий пояс радиации, еще более удаленный от Земли.

Советская космическая техника все более расширяет возможности физиков. Их приборы стоят на сверхтяжелых спутниках типа «Протон», на близнецах типа «Электрон». Для исследования космического пространства потрудилось более сотни спутников серии «Космос». В просторы солнечной системы ушли станции типа «Зонд».

Космические лаборатории «Венера» и «Марс» и летающая по окололунной орбите «Луна-10» значительно расширили наши знания о космических частицах и их распределении в пространстве.

Теперь ученые располагают исчерпывающими данными и о расположении и о мощности этих поясов космических частиц, окружающих Землю. Оказалось, что наибольшая интенсивность внешнего поля проявляется на высоте в 20 тысяч километров от поверхности Земли. Причем мощность слоев достигает наибольшей величины в области земного экватора и оказывается наименьшей в полярных областях. Ракета или спутник, которые пересекают внутренний пояс радиации, подвергаются бомбардировке этих частиц, создающих внутри космического корабля опасное для жизни излучение. Теперь конструкторы звездоле-

тов знают, что им надо позаботиться о защите космонавтов от этого излучения и выбрать траекторию так, чтобы она проходила по наименее опасному пути.

...Ученые продолжают рисовать карту мира космических лучей. Каждый новый запуск искусственного спутника Земли, еще более тяжелого, несущего на своем борту еще более совершенную аппаратуру, каждая бороздящая просторы космоса ракета вписывают новую страницу в историю космических частиц.

Ученые уже обладают ключом ко многим тайнам космических частиц. Они знают об этих космических странницах все то, что можно узнать о них, оставаясь на равнине, поднимаясь в горы или посылая приборы на искусственных спутниках Земли или ракетах.

Но есть вопросы, на которые, казалось, нельзя ответить не только в наше время, но даже в ближайшее столетие.

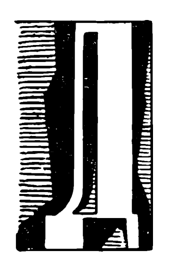
Где рождаются космические лучи? Откуда несутся они стремительным потоком к Земле?

РОЖДЕННЫЕ СМЕРТЬЮ

...В четвертый год, во вторую луну, была видна необыкновенная звезда возле западной стены Синего дворца. В седьмую луну она исчезла.

Из древней летописи

ПО СЛЕДАМ КАТАСТРОФЫ



евятьсот тринадцать лет назад в созвездии Тельца вспыхнула новая звезда. Ее яркость была столь велика, что звезду видели даже днем. Старинные китайские и японские летописи подробно описывают это необыкновенное явление. Они отмечают, что «звезда-гостья» была в три раза ярче Венеры. Примерно через полгода звезда начала гаснуть и исчезла.

Замечательное явление должно было быть видно во всем мире. Любопытно, что уже в наши дни на стене одного из пещерных жилищ древних обитателей Америки нашли примитивный, но знаменательный рисунок. На нем изображена звезда вблизи Луны так, как была видна эта сверхновая в момент вспышки.

Все это происходило в 1054 году. В этом же году в Киеве умер Ярослав Мудрый. Собранное им государство стало ареной междоусобной войны. Летописцы подробно зафиксировали бурные события того времени, но ни в одной русской летописи не упоминается о небесном знамении — новой звезде. За-

нятые земными делами, наши предки не смотрели на небо.

4 октября 1957 года советские люди открыли космическую эру, запустив в небо первый искусственный спутник Земли. Началось планомерное наступление на тайны космоса. Стали падать последние покровы таинственности с давней загадки, которую занесла на Землю невидимая частичка, случайно залетевшая в прибор Дмитрия Владимировича Скобельцына.

Эта частичка и ей подобные принесли людям важнейшие сведения о еще не хоженных дорогах космических просторов, об истории рождения и гибели других миров, об исполинских силах, скрытых в ядре атомов материи. Они поведали и печальную повесть древней звезды, которая, внезапно вспыхнув, исчезла, не оставив, казалось, и следа...

КЛЮЧ К ТАЙНЕ

Мы подходим к самому фантастическому этапу исследований космических частиц. Сегодня история изучения нового мира космических лучей делает ошеломляющий, удивительный, прекрасный скачок в мир абстракций, в мир чистой догадки, фантазии, блестяще предвосхищающих действительность...

Подготовили его два советских ученых: физик-теоретик В. Л. Гинзбург и астрофизик И. С. Шкловский, создавшие признанную во всем мире теорию происхождения космических частиц.

Как ни кропотливы, как ни ювелирны были исследования ливней космических частиц, но это были явления, происходившие если и не рядом с людьми, то, во всяком случае, недалеко. Ученые при помощи приборов видели, чувствовали предмет своих исследований. И пока физики изучали космические лучи в пределах их досягаемости, они стояли на реальной почве эксперимента. Если они и не могли тотчас проверить свою теорию опытом, то, во всяком случае, надеялись сделать это рано или поздно.

Когда же дело дошло до проблемы происхождения космических частиц, ученым пришлось углубиться в мир, недоступный непосредственному вмешательству.

Но, оказывается, как мы убедимся дальше, человеческому разуму полет фантазии, карандаш и бумага могут сказать не меньше, чем плоть эксперимента.

И вот Гинзбург, молодой блестящий «теорфизик», известный замечательными по глубине и прозорливости теоретическими разработками в области строения ядра и радиоастрономии, забыв на время о других задачах, засел за теорию происхождения космических частиц.

А Шкловский, иногда неожиданно для коллег увлекающийся гипотезами, которые кажутся необычайными (кто не спорил, например, о его гипотезе искусственного происхождения спутников Марса!), заинтересовался тайной древней звезды.

Чутьем глубокого ученого Шкловский понял, что вспышка древней звезды не просто образец дыхания космоса, но ключ к совершенно новому кругу явлений. Недаром он роется в древних китайских и японских летописях, ища в намеках неведомых астрономов, в их красочном, но наивном описании грандиозных космических катастроф подтверждения мучившей его мысли. Он перечитывает историю русской науки (а во времена вспышки легендарной звезды эта наука отличалась от современной, как желудь от векового дуба) и ищет впечатления жителей Киевской Руси, которые бросили бы свет на его догадку.

А догадка заключалась в том, что звезда, исчезнувшая из поля зрения древних астрономов, должна иметь непосредственное отношение к происхождению космических лучей, тайне, давно волнующей умы исследователей. Теоретические соображения и расчет подсказали ученому, что если на месте древней погасшей звезды произошла катастрофа, если звезда, разгоревшись вдруг ярким пламенем, взорвалась, то она должна была превратиться в газовую туманность, опутанную паутиной магнитных полей. Вещество ее разлетелось во все стороны с большой скоростью. Элек-

троны были не в состоянии вырваться из плена магнитных полей туманности и остались блуждать в них, излучая радиоволны и свет. Протоны же преодолели силу магнитных полей туманности и стали космическими странницами. Они и должны составлять большинство частиц, которые мы называем первичными частицами космических лучей.

ЛИСТАЯ ЛЕТОПИСИ

Получив такой ответ теории, ученые взглянули на небо. Действительно, как раз в районе, указанном древними хрониками, мерцала еле видимая туманность, по форме напоминающая краба. Вот почему Шкловский жадно перелистывал пожелтевшие страницы, желая отождествить Крабовидную туманность с древней звездой и... боясь ошибиться! Если теория верна, если действительно в глубине веков произошло то, что подсказало ему воображение, Крабовидная туманность должна быть источником мощного радиоизлучения.

В это время быстро входила в силу новая наука — радиоастрономия. Она обещала разгадку многих тайн вселенной тому, кто овладеет шифром радиоволн, приходящих на Землю из разных уголков космоса. И на загадку древней звезды ответила радиоастрономия.

Шкловский рассказывает:

— Мысль о том, что Крабовидная туманность может быть сильным источником радиоизлучения, возникла у меня еще в 1948 году. В 1949 году в Крыму по моей просьбе была сделана попытка обнаружить радиоизлучения от нее. Увы!.. На имевшемся в то время в обсерватории радиотелескопе наблюдения можно было проводить только тогда, когда источник радиоизлучения восходит над морем. По невезению место восхода туманности было закрыто горами, не хватало нескольких градусов по азимуту.

В том же 1949 году австралийцы обнаружили

очень сильное радиоизлучение Крабовидной туманности, обнаружили случайно. Излучение оказалось неожиданно мощным.

Изучив наблюдения радиоастрономов, ученые окончательно уяснили судьбу древней звезды. Действительно, примерно 5909 лет назад в небе произошла гигантская катастрофа. Невидимая глазу звездочка внезапно разгорелась ярким пламенем и взорвалась, превратившись в слабую туманность, хорошо видимую в обычные телескопы. Пять тысяч лет шел свет от места катастрофы до Земли и, достигнув ее в 1054 году, рассказал эту историю. Но в то время люди не были подготовлены к пониманию рассказа светового луча.

К счастью, кроме света, продукты взрыва звезды излучают радиоволны, которые были недоступны нашим предкам, но теперь расшифрованы учеными. Эти радиоволны и поведали нам повесть о погибшем светиле..

Не все поверили в эту теорию астрофизиков. Ведь астрофизики, как шутят «земные» физики, часто ошибаются, но никогда не сомневаются. Неясными были некоторые тонкости явления, которые полностью разъяснились в 1954 году благодаря работам советских радиоастрономов. А затем, через два года, их подтвердили и американские ученые, проверив наблюдения на самом большом оптическом телескопе.

ЧЕРЕЗ ВЕКА

Но неужели только эта бывшая звезда — источник космических частиц? — задали себе вопрос исследователи. Чтобы проверить это, Гинзбург провел расчет. Оценив мощность радиоизлучения от Крабовидной туманности, он подсчитал количество электронов, блуждающих в плену мощной магнитной ловушки этой туманности. А так как при взрыве должно родиться приблизительно одинаковое количество электронов и протонов, то нетрудно было сравнить их число с числом космических частиц, обнаруженных в космосе.

Оказалось, что результаты расчета не совпадают с данными экспериментов.

Почему? — взволновались ученые. Ответ был один: значит, не только эта древняя звезда — поставщик космических частиц. Должны быть и другие.

И Шкловский снова ищет на страницах истории упоминания о вспышках новых и сверхновых звезд — так названы звезды, рождающие космические частицы. И находит то, что ищет! Находит описание вспышки звезды, которое мы вынесли в эпиграф.

«В период Тай-Хэ, в четвертый год, во вторую луну, была видна необыкновенная звезда возле западной стены Синего дворца. В седьмую луну она исчезла».

Вот какой неточный адрес оставили древние наблюдатели! Но ученые нашли место катастрофы.

Астрономы внимательно взглянули через самые крупные телескопы на место, указанное им радиоастрономами. Они увидели в этой точке неба маленькое туманное волокно. При наблюдении сквозь синий светофильтр оно по форме напоминало арку. В красных лучах обнаружились и другие клочья и обрывки туманности. Это был очень слабый источник света — известная астрономам туманность Кассиопеи.

Радиоастрономам же открылась совсем иная картина. В радиолучах туманность Кассиопеи предстала ослепительно яркой. Именно здесь когда-то давно произошла вспышка сверхновой. И произошло это ни более ни менее как 1600 лет назад, в 369 году нашей эры, в четвертый год периода Тай-Хэ по китайской хронологии.

Так началось отождествление ныне видимых туманностей с некогда вспыхнувшими и погасшими звездами.

Увлеченный почти детективной задачей разгадывания многовековых загадок, И. Шкловский восклицает:

— Успехи новейшей науки — радиоастрономии, опирающиеся на сверхсовременные достижения радиофизики, электроники, теоретической физики и астрофизики, оказываются тесно связанными с текстами хроник, написанных древними астрономами Китая!

Труд этих людей спустя тысячелетия ожил и как драгоценное сокровище вошел в фонд науки середины XX века!

ПОЮЩИЕ ГАЛАКТИКИ

Но и сверхновые оказались не единственными поставщиками космических частиц. Нашелся еще один вид небесных источников, рождающих космические частицы — радиогалактики.

К ним ученые отнесли чрезвычайно интересный объект — туманность, видимую в созвездии Лебедя, расположенную далеко за пределами нашей Галактики. Этот объект оказался мощнейшим источником радиоволн. «Яркость» источника Лебедь-А в радиолучах раз в 500 больше яркости «спокойного» Солнца! Мощность его радиоизлучения во столько же раз превышает мощность крупнейшей из созданных трудом человека радиостанций, во сколько раз вся энергия, излучаемая Солнцем, превосходит энергию, излучаемую свечой, да еще ослабленную в 10 тысяч раз по сравнению с обыкновенными свечами.

Но учтите, ведь созвездие Лебедя расположено на чудовищном расстоянии от Земли. Свет от него идет к Земле 650 миллионов лет! А поток радиоизлучения его сильнее, чем радиоизлучение Солнца, отстоящего от нас всего на расстоянии в 8 световых минут.

Внимательно изучая созвездие Лебедя, ученые, к своему удивлению, обнаружили в нем две очень слабые карликовые галактики, как бы прилепившиеся друг к другу. Этот объект оказался настолько любопытным и загадочным, что поссорил многих ученых.

Открыв этот сверхмощный источник радиоволн, физики, конечно, задумались над причиной такого мощного излучения. Им, естественно, захотелось узнать механизм рождения радиоволн в этом источнике. В сверхновых звездах радиоволны являлись результатом взрыва. А в радиогалактике Лебедя?

Бааде, американский ученый, который первым наблюдал этот объект, опубликовал удивительное

предположение. Это была настолько оригинальная, неожиданная гипотеза, что она захватила многих ученых и долгое время считалась общепризнанной. «Это, несомненно, две столкнувшиеся галактики!» — утверждал он. Хотя в космосе с его бесконечными просторами столкновение двух галактик так же мало вероятно, как столкновение двух птиц в воздухе, однако это именно такой случай. Радиоволны же, по мнению Бааде, родились в результате катастрофы.

Это была очень эффектная гипотеза, сразу нашедшая многочисленных сторонников.

Усомнился в ней только крупнейший советский астрофизик В. А. Амбарцумян. По ряду соображений он пришел к выводу, что два ядра в туманности Лебедя — это отнюдь не результат столкновения галактик. Наоборот, решил он, здесь мы видим редкий случай деления галактик — распад огромной звездной системы на две части.

— Бааде (он умер недавно) был очень талантливым ученым, — рассказывал Амбарцумян, — редким по своей страсти к науке. И азартным спорщиком. Чтобы убедить других и еще больше убедиться самому в справедливости своей новой теории, мысли, предположения, он, встретив коллегу, молниеносно вовлекал его в спор.

Так было и на одной из международных научных конференций, где Бааде встретился с Амбарцумяном. Обоих занимала проблема двойственности галактик.

— Скорость одного ядра отличается от скорости другого, — отстаивал свою точку зрения Бааде.

— Скорость одного ядра отличается от скорости другого, — пользовался тем же аргументом Амбарцумян для утверждения своей, противоположной, точки зрения.

Так каждый аргумент Бааде, отразившись от Амбарцумяна, поражал американца.

Говорят, что в споре рождается истина. Особенно это относится к научной дискуссии, из горнила которой выходят и безупречные формулировки законов природы и предсказания еще не виданных явлений.

Но не всякий спор плодотворен. Если дискуссия

не основана на фактах, не подкреплена результатами безупречных наблюдений, она не дает ничего нового. Так, домна, лишенная руды, наполненная пустой породой, не дает металла. Из нее вытечет только шлак.

Короче говоря, каждому из спорящих надо было найти такое доказательство, которое бы начисто отметало точку зрения противника и однозначно подтверждало его собственную.

ЦВЕТ МОЛОДОСТИ

Вскоре Амбарцумян нашел такие доказательства. Какова вероятность, рассуждал он, столкновения двух галактик таких размеров, как оба ядра туманности Лебедь-А? Эта туманность — очень маленький в астрономическом смысле объект, весьма малая галактика. Во вселенной имеются гиганты сверхгалактики, намного превышающие по числу содержащихся в них звезд и по размерам обе части той галактики, которую мы видим в созвездии Лебедя.

Но ученые никогда не наблюдали столкновения таких гигантов, хотя столкновение больших объектов гораздо вероятнее, чем встреча двух маленьких. Это значит, что столкновение малых галактик практически невероятно.

Второе доказательство вытекало из тончайших наблюдений астрономов Бюраканской обсерватории Академии наук Армянской ССР, руководимой Амбарцумяном. Они обратили внимание, что в некоторых случаях из центра гигантской галактики исходит струя, которая заканчивается карликовой галактикой голубого цвета в отличие от обычного для «старых» галактик желтого и красного цвета. Но голубой цвет — признак молодости космических объектов. Это был очевидный пример выброса молодой галактики-малютки из большой, материнской. Как видно, соединяющая струя — «пуповина» должна со временем исчезнуть, дав возможность «малютке» начать самостоятельную жизнь. Такие галактики-крошки были обнаружены возле многих гигантов.

Почему же Лебедь-А должна быть исключением? Несомненно, что два ядра — это признак ее деления, признак активного процесса звездообразования.

А чем объяснить радиоизлучение, мощным потоком возникающее при этом процессе?

Дело в том, что время от времени старые галактики как бы набухают, проявляют тенденцию к делению и выбрасывают мощные облака газа, содержащего в себе свободные электроны. Они-то и являются причиной радиоизлучения. А где есть электроны, там естественны и космические частицы — быстрые протоны.

Эти замечательные работы армянских астрономов не только утвердили новую точку зрения на образование звезд, не только опровергли старую теорию, которая укоренилась еще в XIX веке и утверждала, что эволюция идет от разрежения к уплотнению, от менее плотных тел к более плотным. Эти новые наблюдения не только подтвердили, что местами рождения новых галактик являются центры старых. Они опровергли теорию сталкивающихся галактик и послужили основой современной теории эволюции вселенной.

Для ученых, занимающихся проблемой происхождения космических частиц, из этих работ стало ясно, что процессами, рождающими космические частицы, являются не только взрывы сверхновых, но и деление радиогалактик, что космические частицы порождает не только смерть звездных миров, но и их рождение.

ЩЕДРОСТЬ СВЕРХНОВЫХ

Природа очень щедра на космические частицы. Нужно упомянуть еще по крайней мере об одном источнике космических частиц в нашей солнечной системе. Правда, он был обнаружен еще раньше, чем появилась гипотеза о вспышках сверхновых. Этот источник — наше Солнце. В периоды повышенной активности, когда поверхность светила бороздят и колышут огнедышащие протуберанцы, Солнце выбрасы-

вает большое количество космических частиц. Во время Международного геофизического года удалось установить, что случается это в среднем один раз в месяц.

В это время на Солнце возникают взрывные процессы. Выброшенные из его недр частицы ускоряются магнитными полями и выплескиваются далеко за пределы околосолнечного пространства. Иногда вся солнечная система становится гигантской ловушкой космических частиц. И эти скопления не так уж безобидны, как кажется на первый взгляд.

Только искусственные спутники Земли и космические ракеты помогли установить степень опасности для будущих космонавтов этого интенсивного потока частиц и разработать защитные меры.

Источники радиоизлучения и, следовательно, источники космических частиц были найдены даже в ядре нашей Галактики и во многих других звездных скоплениях.

— Мы обнаружили столько источников космических частиц, — говорит В. Гинзбург, — что уже надо гадать, где они не рождаются.

Но все-таки основными поставщиками кирпичиков материи для вселенной оказались сверхновые звезды, эти космические вулканы.

Чтобы убедиться в этом, Гинзбургу пришлось решить такую непростую задачу. Учитывая, как часто вспыхивают в галактике сверхновые звезды, и зная, сколько частиц при этом рождается (как мы уже говорили, это можно выяснить, исходя из величины потока радиоизлучения), В. Гинзбургу оставалось рассчитать, сколько же космических частиц родилось в результате вспышек сверхновых звезд за 400 миллионов лет — средний век космической частицы. Результат подсчетов оказался поразительным!

За это время должно было образоваться примерно столько космических частиц, сколько и наблюдается в действительности. Значит, несомненно: вспышки сверхновых звезд способны обеспечить компенсацию гибнущих от старости космических частиц, а значит, эти вспышки — основной источник космических час-

тиц во вселенной. Все остальные источники — звезды, молодые галактики и другие, вместе взятые, вносят лишь малый вклад в вечный круговорот космических странниц.

Так Амбарцумян, Гинзбург и Шкловский набросали картину событий, которые разворачивались в течение многих столетий на расстоянии в сотни тысяч световых лет от нас.

Теперь наблюдения радиоастрономов позволили надежно подтвердить эту теорию.

...1010 и 1954 годы. Кто бы мог подумать, что события этих двух лет, между которыми пролегли века, имеют такое близкое отношение друг к другу, так тесно переплетутся на дорогах научного поиска. Наши далекие предки не обратили внимания на такое грандиозное и загадочное явление природы, как вспышка звезды, происшедшая в 1054 году. Лишь наши современники, вооруженные всей мощью сегодняшней науки, смогли сопоставить эти явления и разрешить одну из сложнейших загадок природы.

КАК ВАРЯТСЯ АТОМЫ

Да, это были фантастические страницы истории космических лучей. Но ради чего же вписали их ученые? Может быть, их влекло только естественное стремление к знанию? Ведь понять тайну происхождения космических лучей — это значит познать процессы, происходящие при рождении и смерти звездных миров!

Не нужно говорить, как это интересно и важно. Но эта задача имеет и другие стороны, еще более актуальные.

Представив себе процессы, которые должны происходить при взрывах звезд, ученые вдруг ясно поняли: да ведь именно при вспышках сверхновых варятся все химические элементы тяжелее гелия! И медь, и железо, и свинец, в общем все элементы таблицы Менделеева. Все вещества, из которых состоит и наша Земля и вся вселенная.

Стало ясно, что, если бы не эти редкие космические взрывы, мир состоял бы преимущественно из атомов водорода и гелия.

А совсем недавно многие придерживались совершенно другой точки зрения. Еще в 1957 году некоторые думали иначе. И один из видных специалистов по космическим частицам писал: «После обнаружения в космических лучах тяжелых ядер мало кому придет в голову обращаться к представлениям о взрывном характере происхождения космических лучей во вселенной: уж очень странно было бы, если бы при этих процессах тяжелые ядра сохранились как нечто целое, получая вдобавок колоссальные энергии».

Вот как в наши дни, при бурном развитии науки, быстро меняются взгляды, как быстро сметаются неверные представления.

Понимание процессов, происходящих при формировании небесных тел и галактик, дает ключ к разгадке многих проблем строения материи. Эти процессы часто с трудом поддаются объяснению на основе известных законов теоретической физики. Академик Амбарцумян говорит, что это, вероятнее всего, связано с тем, что в таких процессах доминирующую роль играют многие глубокие свойства вещества, которые не проявляют себя в физических опытах, производимых в земных лабораториях. Поэтому можно быть уверенным, что тщательное изучение физических явлений, протекающих в отдаленнейших областях космоса, поможет еще глубже развить наши знания об основных физических свойствах вещества и о закономерностях развития материи.

Так, раздумывая о тайне рождения космических частиц, ученые поневоле затрагивают проблемы рождения всей вселенной, всего окружающего нас мира.

НЕРАЗГАДАННЫЙ КРОССВОРД

Проблема происхождения космических частиц неожиданно скрестилась с еще одной очень важной проблемой.

Разгадав тайну рождения космических частиц — а мы близки к этому, — можно будет и на Земле воссоздать процессы, рождающие частицы столь высокой энергии.

Прошло то время, когда (как это было в тридцатых годах) физики, мечтавшие о бомбардировке ядер космическими частицами, считались фантазерами. О них говорили, что это схоласты, занимающиеся выяснением надуманных вопросов вроде того, сколько чертей может поместиться на кончике булавки.

Теперь для изучения строения материи ученые строят на Земле источники искусственных космических частиц — ускорители. Один из крупнейших — синхрофазотрон в Дубне. Но и ему далеко до природных ускорителей. Космические ускорители иногда посылают на Землю столь мощные частицы, что каждая из них, фигурально выражаясь, может зажечь на мгновение электрическую лампочку. Правда, такие частицы природа дарит весьма скупо. Но именно о них мечтают физики.

Однако создать на основе освоенных принципов ускорители космической мощности невозможно. Посудите сами — установка, дающая поток частиц, подобных космическим, должна иметь магнит длиной около 20 километров. Вес железа этого магнита составит сотни тысяч тонн! Если ученые захотят осуществить такой фантастический проект, то для его выполнения потребуются десятки лет. Для одного лишь питания ускорителя понадобится построить мощную электростанцию.

Поэтому, чтобы увеличить энергию искусственных космических частиц до тех величин, которые встречаются в природе, нужны принципиально новые методы их ускорения.

Советские ученые уже разрабатывают новые принципы построения ускорителей, которые должны приблизить энергию ускоренных частиц к предельной энергии космических частиц.

При этом будут применяться специальные магниты весом «всего» в 10—20 тысяч тонн. Но для управле-

ния процессом ускорения придется использовать кибернетическую систему, включающую в себя электронную вычислительную машину. А пока физики широко пользуются частицами, прилетающими из глубин вселенной. Родившись при астрофизических катаклизмах, эти быстрые частицы пронизывают все космическое пространство. Но как летят они: равномерно, как дождь, или стаями, как птицы?

Ученые изучают законы движения космических частиц на Земле и даже над нею, в верхних слоях атмосферы и в космическом пространстве.

Уже на втором искусственном спутнике полетели в межзвездное пространство крошечные «сигарки». Эти счетчики не определяют, какая частица залетела в них, но зато добросовестно ведут им счет. Подобные труженики вместе со спутником успевали за полтора часа облететь вокруг земного шара и подсчитать частицы космических лучей, летящие из бездны вселенной. За следующие обороты они повторяли свои подсчеты и, таким образом, собирали совершенно уникальные сведения.

С уважением берешь в руки хрупкую трубочку счетчика. Его металлическая поверхность ребриста. Это предохраняет от повреждений. Электрические импульсы от счетчиков попадали в специальную схему, которая подсчитывала их. Результат подсчета передавался на Землю по радио.

Миниатюрные счетчики проработали на втором спутнике семь дней и помогли установить изменение интенсивности космических лучей во времени. На следующих спутниках и ракетах данные пополнялись. Теперь можно сопоставить полученные результаты с различными астрономическими явлениями, с различными предположениями о законах движения невидимых частиц.

Новейшие данные подсказывают, что во вселенной путешествуют огромные резервуары, наполненные частицами. Эти гигантские сгустки частиц формируются магнитными полями, пульсирующими в космическом пространстве. Этот механизм древен как мир и почти

так же загадочен... В нем ключ к пониманию работы космического ускорителя. Но ключ этот еще не найден.

Когда он отыщется?

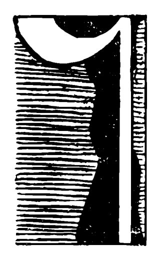
Ученые с азартом решают кроссворд, но не обычный, журнальный, а тот, который загадывает человеку природа. Еще одна-две буквы, последнее недостающее звено, и угаданное слово откроет, наконец, тайну.

ДВОЙНИК ЛУНЫ

Работая в области космографии, мы испытываем танталовы муки при мысли, что мир может обладать скрытыми от нас свойствами.

Х. ШЕПЛИ

КОКТЕЙЛЬ ИЛИ ГОЛОВКА СЫРА?



етыреста лет назад французский писатель Рабле шутя говорил, что многие принимают Луну за головку зеленого сыра. Как это ни удивительно, но даже в наши дни о Луне возникают самые странные предположения. Пожалуй, ни об одном небесном теле не спорят так много, ни об одном не складывалось столько противоречивых мнений, сколько о нашем древнем остывшем спутнике.

Американский исследователь Гордон Макдональд, наблюдая за движением Луны и сделав вывод, что плотность ее наполовину меньше земной, недавно высказывал мысль о том, что она... полая.

А Томас Гоулд из Корнельского университета объяснил низкую плотность Луны тем, что ее недра содержат большое количество льда и воды. По его мнению, Луна — это «коктейль с замороженными фруктами»! Есть исследователи, которые всерьез утверждают, что Луна — гигантская «булка», начиненная, правда, не изюмом, а металлическими и каменными метеорами. В общем целый набор гастрономических сравнений.

Доктор Уильям Пикеринг, пять лет — с 1919 по

1924 год, — наблюдавший Луну с Ямайки, уверял, что движущиеся пятна на дне кратеров — это полчища насекомых, питающихся лунной растительностью.

По сей день существует множество подобных «теорий». Впрочем, возникновение их в какой-то степени объяснимо. Ведь почти все, что ученые знают о Луне, рассказал им свет, а это отраженный солнечный свет, и лишь в последнее время кое-что добавили ее собственные инфракрасные лучи. Но и те и другие ничего сказать не могут о внутреннем строении Луны.

Даже рассмотреть Луну хорошенько астрономам пока не удается. Через самые сильные телескопы видны объекты размером не менее сотен метров. Вот почему лунный пейзаж знаком людям лишь в общих чертах. Подробности каждый представляет себе посвоему. Одни из исследователей доказывают, что Луна покрыта хрупким веществом, напоминающим застывшую пену. Они предупреждают, что если человек ступит на нее, то может глубоко провалиться. Доктор Дольфус из Парижской обсерватории уверяет, что Луна одета порошком, похожим на вулканический пепел.

Может быть, и вправду на Луне есть действующие вулканы? О такой возможности говорят наблюдения советского астронома Н. Козырева, который несколько раз видел свечение газов, выделявшихся в кратере Альфонс. Именно в этом кратере и ранее наблюдались странные изменения цвета. Некоторые астрономы пытались объяснить это развитием растительности в течение двухнедельного лунного дня.

Сравнивая степени яркости различных частей Луны, советский астроном академик В. Фесенков пришел к выводу, что Луна изрезана глубочайшими трещинами с вертикальными стенами и острыми краями. Но доктор Джон Ивэнс из Линкольнской лаборатории оспаривает это и уверяет, что Луна ровная и гладкая; лишь десятая часть ее поверхности покрыта валунами, но они остаются незамеченными просто потому, что слишком малы.

Живет и такое мнение: темные участки Луны, которые называются морями, действительно моря, но

наполнены не водой, а пылью, в которой может навеки утонуть космический корабль.

Поистине трудно разобраться в этой разноголосице мнений.

Литератор может позволить себе выбрать лунный пейзаж по своему вкусу. Он может одеть Луну в гранит или пепел, зажечь в ней потухшие вулканы, окутать атмосферой и даже населить ее. Но ученым нужны факты. Только факты.

Казалось, споры может разрешить лишь сама Луна, когда на ней высадится первый человек. Но многие сомнения разрешились гораздо раньше. Новую лазейку на Луну открыли радиоволны.

ПЫЛЬ

К началу исследования радиоизлучения Луны астрономы располагали одной вполне надежной характеристикой Луны — температурой ее поверхности. Она была измерена еще в тридцатых годах астрофизиками Петитом и Никольсоном методом простым, остроумным и настолько точным, что до сих пор никто не смог превысить эту точность. Основываясь на показаниях инфракрасных лучей, ученые установили поразительную вещь. Раскаленная в лунный полдень до плюс 120 градусов Цельсия поверхность нашего спутника лунной ночью скована морозом в минус 150 градусов Цельсия. Колебания температуры Луны неслыханны: 270 градусов! Ничего подобного на Земле никто никогда не наблюдал: не только ото дня к ночи, но и от зимы к лету, от тропиков к полюсу холода.

В 1939 году Петит повторил свои исследования, но уже во время лунного затмения, когда Земля полностью закрыла от Луны Солнце. Оказалось, что за один час температура Луны упала с плюс 120 градусов до минус 100 градусов Цельсия.

Поэтому, когда радиоастрономы Пиддингтон и Миннет в 1949 году впервые направили свои приборы на Луну, они ожидали обнаружить не меньшее изме-

нение ее радиояркости. И что же показали приборы? При смене лунного дня лунной ночью радиоизлучение почти не изменилось...

Выходило, если верить радиоастрономам, температура Луны почти не меняется! Это изрядно взволновало ученых: как объяснить различие в показаниях инфракрасных и радиолучей, как увязать столь противоречивые данные?

Напрашивался единственно правильный вывод: радиоволны излучаются не самой поверхностью Луны, температура которой подвержена сильным колебаниям, а более глубоким слоем почвы, в котором сохраняется постоянная температура. Мысль эту подкрепляло и то всем знакомое обстоятельство, что на Земле зиму и лето фактически чувствует лишь поверхностный слой почвы, а на глубине в несколько метров температура меняется мало.

Но лишь был разрешен первый вопрос, как возник следующий. Из чего же состоит поверхностный слой Луны, который, как шубой, укрывает ее недра от резких колебаний температуры?

Академик Фесенков высчитал, что теплопроводность лунной почвы должна быть почти в тысячу раз меньше, чем у земных пород. Такой материал — давняя мечта строителей, теплотехников и специалистов холодильного дела. Но ничего подобного на Земле нет. И ученые справедливо усомнились в том, что такая идеальная теплоизоляция может существовать в природе даже на Луне. Вряд ли возможно такое огромное отличие между лунными и земными породами.

Но вскоре удалось нащупать возможную причину такой разницы. Сравнивая земные и лунные породы, скептики не учитывали того обстоятельства, что вещество на Луне находится фактически почти в полной пустоте, в вакууме. Атмосферы там нет. Очутись земные породы на Луне, их поры оказались бы пустыми, и они резко снизили бы свою теплопроводность. Правда, опыт показал, что теплопроводность земных пород и в безвоздушном пространстве остается в сотню раз большей, чем теплопроводность лунных.

Какой же земной материал, гадали ученые, может

соперничать с лунным? Пожалуй, только пыль. Соприкасаясь одна с другой в немногих точках, пылинки плохо передают друг другу тепло. Если же откачать из промежутков между пылинками воздух, то передача тепла через слой пыли станет ничтожной.

Пыль в качестве поверхностного слоя Луны устраивала почти всех. И сторонников метеорной гипотезы, которая утверждает, что лунный покров создан постоянной метеорной бомбардировкой. Ведь миллиарды крупных и мельчайших метеоров незримым дождем падают на Луну со скоростью в несколько десятков раз большей, чем скорость пули или снаряда. Сторонники этой гипотезы утверждают между прочим, что та же участь постигла бы и Землю, если бы она не была надежно укутана своей атмосферой. Пыль удовлетворяла и приверженцев вулканической точки зрения. По их мнению, прошлая бурная деятельность лунных вулканов могла породить достаточное количество пыли и похожего на нее пепла. На Луне нет воды, которая смыла бы эти наносы. Нет ветра, который бы их развеял. Со временем пыль и пепел могли покрыть всю поверхность Луны.

ЧЕРНАЯ ЛУНА

Но это были лишь домыслы. Вполне научные, подкрепленные расчетами и земным опытом, но все же домыслы, претендующие на ранг гипотез. Убедить в их истинности могли лишь объективные измерения. Наши радиоастрономы решили прощупать Луну вглубь и точно измерить температурные режимы в различных слоях лунной почвы. В этом они видели ключ к опознанию лунного вещества.

Задача казалась не из сложных. Надо было измерить радиоизлучение от Луны на различных волнах — короткие волны испускаются верхним слоем почвы, более длинные идут из глубины. (Пиддингтон и Миннет ловили радиоволны лишь одной длины — 1,25 сантиметра.)

Под Горьким, на обрывистом берегу Волги, в ме-

стечке Зименки под руководством В. С. Троицкого, одного из ведущих советских радиоастрономов, с 1953 года началось строительство радиотелескопов, рассчитанных на длину волны в 0,4, 1,6 и 3,2 сантиметра. В Москве, в Физическом институте имени Лебедева Академии наук СССР, под руководством А. Е. Саломоновича строился огромный радиотелескоп для приема радиоволн длиной 0,8 сантиметра. Один из миллиметровых радиотелескопов начал работать в 1959 году, одновременно с подобным, построенным в США.

Работы велись быстро и энергично. Но первые же полученные материалы своей разноречивостью поставили радиоастрономов в тупик. Одни наблюдения подтверждали, что у Луны есть «шуба», другие начисто отвергали это. Был разнобой и в определении температуры поверхностных слоев.

Исследователи снова и снова повторяли замеры, проверяли работу аппаратуры. И в конце концов пришли к единодушному мнению: причина недоразумений в слишком больших погрешностях измерений. Да и как им не быть? В зеркало радиотелескопов попадает радиоизлучение не только от Луны, но и так называемый космический фон — радиоволны, приходящие из глубины вселенной. В антенну попадают и радиоволны, излучаемые поверхностью Земли. На чашу радиотелескопа радиоволны от Луны ложились как бы в «упаковке» радиоволн от других небесных тел и Земли.

Если в магазине продавец взвешивает, скажем, сметану прямо в банке, покупатель, естественно, требует, чтобы банку он взвесил отдельно или по крайней мере поставил такую же на другую чашу весов. Ведь покупателя интересует только чистый вес, без тары.

А как отделить лунное радиоизлучение от его «упаковки», от паразитного излучения, если ни то, ни другое неизвестно?! Это паразитное радиоизлучение неизбежно добавлялось к слабым радиоволнам, приходящим от Луны, и отделить их казалось невозможным.

— Выделить излучение Луны на фоне внешних помех и внутренних шумов аппаратуры так же трудно, как расслышать шелест отдельного дерева сквозь шум леса при сильном ветре. — Так обрисовал трудность задачи В. С. Троицкий. — Поэтому ошибки измерений достигали 20 процентов. Мы же могли позволить себе ошибиться лишь на один-два процента. Не больше.

И вот после десяти лет трудной, хлопотной, кропотливой работы с Луной горьковские радиоастрономы отважились на отчаянное средство.

«Вот если бы существовала еще одна Луна...» — мелькнула у них однажды невероятная мысль. И если бы радиоизлучение от этой другой Луны было точно известно... Тогда можно было бы сравнить известное радиоизлучение от «новой» Луны с неизвестным от «старой», настоящей Луны («упаковка»-то у них одинаковая) и столь нехитрым путем определить его.

И горьковчане осуществили это дерзкое намерение: создали на Земле искусственную Луну! Она должна была корректировать измерения радиоизлучения, принимаемого от естественной Луны. Это была безумная идея, которая, однако, спасла проблему.

...Возле Судака в Крыму на высокой скале, стоящей на самом берегу моря, с давних времен сохранились причудливые развалины старинных укреплений. Стены, сложенные из больших каменных глыб, узкие проходы, крутые лесенки — это остатки Генуэзской крепости. Когда-то ее воздвигли генуэзцы, приплывшие к крымским берегам из Италии.

А в середине 1962 года на горе возле развалин остановилось несколько грузовиков. Группа людей выгрузила кучу громоздких ящиков и осторожно стала подниматься к самой высокой башне. Вскоре над башней показался черный пятиметровый диск. Это была искусственная Луна № 1. Предназначалась она для измерения радиоизлучения на волнах в 1,6 сантиметра и 3,2 сантиметра. Ближе к морю на расстоянии 200 метров от радиотелескопа была установлена

искусственная Луна № 2, предназначенная для работы на волне 10 сантиметров.

Закончив установку аппаратуры, ученые приступили к наблюдениям. Сначала радиотелескоп поворачивался в сторону искусственной Луны. Когда в поле его зрения попадал черный диск, радиотелескоп впитывал идущее от него радиоизлучение и посылал сигнал в приемник. Перо самописца тотчас записывало этот сигнал. После этого зеркало радиотелескопа направлялось на настоящую Луну. Самописец записывал сигнал и от нее. Затем вся процедура повторялась. Много раз в день. Каждый день в течение месяца. Затем последовали второй и третий месяцы.

УРАВНЕНИЕ СО МНОГИМИ НЕИЗВЕСТНЫМИ

В чем смысл этой процедуры? А в том, что, сравнивая излучение от настоящей Луны и ее двойника, используя искусственную Луну в качестве гири на своеобразных весах, ученые надеялись узнать вес «сметаны» — энергию лунного радиоизлучения без тары. Или, переходя от бытовой аналогии к более научной, такой метод помогает решить своего рода уравнение с двумя неизвестными, где x — радиоизлучение Луны, а y — космический и земной фон радиоизлучения. Сигнал от искусственной Луны известен, а главное, известно, что помехи при приеме сигналов искусственной и естественной лун почти одинаковы. Сравнивая оба сигнала, можно точно учесть помехи и таким путем надежно определить собственное радиоизлучение Луны.

Но все оказалось гораздо сложнее. Просто взвесить и сравнить было недостаточно. Прошло немало времени, прежде чем так просто объясняемый метод принес результаты. Было апробировано несколько искусственных лун. Это были и просто круги из листового алюминия или железа размером 30—40 метров, выложенные на склоне оврага в Зименках. Это были и черные, абсолютно черные диски, сделанные

из специальных материалов и поднятые на шестах или вышках.

Месяцами горьковчане крутили свои антенны между искусственной и естественной лунами, и все получалось не так.

Тщательный анализ показал, что металлический двойник Луны не пригоден. Наряду с известным излучением он как зеркало отражает в антенну радиотелескопа радиоизлучение, исходящее от поверхности Земли. Поэтому результаты измерений сильно зависели от положения этого зеркала, от того, какой участок Земли отражался им в антенну радиотелескопа. От металлической Луны пришлось отказаться. Но черная Луна тоже не обеспечивала однозначных результатов.

Долгое время задача казалась неразрешимой. Лишь после сопоставления большого числа наблюдений удалось установить, что причина кроется в дифракции — в огибании радиоволнами края искусственной Луны. Первоначально исследователи полагали, что в антенну попадает только та часть радиоизлучения Земли и космического фона, которая минует диск. Они не учитывали, что земное и космическое излучения частично огибают диск и тоже попадают в антенну. Точно так же морская волна, разрезанная торчащей сваей, миновав ее, снова смыкается и бежит дальше, почти не изменившись.

Так ученые столкнулись с непредвиденным осложнением. Вначале, когда только был задуман опыт с двойником Луны, они считали, что им предстоит решить простое уравнение с двумя неизвестными. А оказалось, *y* скрывал в себе сразу несколько неизвестных величин. Как же выйти из положения?

Для выяснения влияния дифракции, для определения той доли, которую она вносит в общее радиоизлучение, горьковчане придумали остроумный способ. Они решили заменить диск отверстием в большой черной плоскости.

Дело в том, что, хотя непрозрачный диск и отверстие в непрозрачной стенке являются столь же проти-

воположными и дополняющими друг друга, как плюс и минус, они в одном отношении оказываются тождественными. Оптики еще в прошлом веке убедились, что электромагнитные волны одинаково огибают и край диска и край отверстия. Так же одинаково огибают их и радиоволны, идущие из космоса или от земной поверхности.

И вот тут-то крылась возможность решить новое уравнение с двумя неизвестными. Сравнивая радиоизлучение от диска, от сплошной плоскости и от отверстия в ней, зная величины радиоизлучения от диска и плоскости с дырой, можно было узнать, наконец, долю космического фона вместе с дифракцией и земным фоном. Опыт намечался сложный, но зато появилась возможность определить все неизвестные части y.

Для выполнения нового опыта нужно было сделать непрозрачную стенку достаточно большой, чтобы радиоволны, огибающие ее внешние края, не попадали в антенну радиотелескопа.

Схема эксперимента была намечена. Ученые, наконец, могли приступить к сложному опыту, состоящему из ряда измерений.

Радиотелескоп направлялся на искусственную Луну, и делался первый отсчет. Затем черный диск убирался, и делался второй отсчет. После этого на то же место устанавливалась черная стенка с отверстием, равным диску, и делался третий отсчет. Затем черный диск закрывал отверстие, и делался четвертый отсчет. (Из четвертого опыта ученые узнавали величину земного фона. Из первого опыта — величину дифракции. Из второго — космического фона. Третий опыт был, по существу, контрольным.)

Итак, сравнивая четыре отсчета, удалось учесть все существенные помехи. Для контроля эта процедура была повторена, причем искусственная Луна и вспомогательная черная стенка переносились в различные места для того, чтобы помехи от Земли заметно изменились. При этом, сравнивая сигнал от черного диска, от отверстия в черной поверхности и от сплошной черной поверхности с сигналом от Луны и

от участков неба, близких к Луне, но удаленных от нее настолько, что лунное излучение не попадало в антенну, когда она направлена на эти участки, радиоастрономы смогли точно учесть мешающее действие Земли и космического фона.

Так постепенно были откалиброваны искусственные луны, и можно было применять их для измерений радиоизлучения от настоящей Луны.

ЛУНУ НАДО ПОДОГРЕТЬ

Конечно, все могло бы быть проще, если бы... двойник удалось расположить на одной линии с Луной. Тогда вся работа свелась бы к тому, что мерилось бы радиоизлучение от Луны (диск при этом убирался). А потом диск снова возвращался на место и мерилось его радиоизлучение. В этом случае все помехи были бы идентичны, и задача действительно свелась бы к уравнению с двумя неизвестными. Но... Во-первых, теория не позволяет расположить диск близко к антенне. А связать его с ней жестко при расстоянии между ними в сотни метров да еще вращать вместе с антенной, чтобы следить за Луной и следовать за ней по всему небосводу,— конечно, задача нереальная. Поэтому искусственную Луну приходится держать на одном месте, но измерения вести месяцами, чтобы вычислить средние величины помех. Кроме того, даже если бы искусственную и естественную луны удалось выдерживать на одной линии, дифракция фона на краю диска все равно внесла бы излишнюю погрешность.

Горьковчане, правда, наметили выход из положения, который избавил бы их от канители с дыркой и плоскостью. Они надумали подогревать искусственную Луну. Тогда измерения сильно упростились бы. Они свелись бы к следующим. Мерилось бы радиоизлучение от холодного диска, потом нагретого. Помехи — земные и космические — при этом были бы одинаковы, а радиоизлучение от лун холодной и нагретой — известно. Так без особых хлопот

можно было бы узнать величину паразитного радиоизлучения.

Но простота и тут только кажущаяся. Диск надо разогревать равномерно по всей поверхности, а как это осуществить? Вмонтировать электрические спиральки по всему телу диска? Вряд ли это даст равномерный нагрев. В общем проблема разогрева искусственной Луны не решена. Опыт не поставлен. Возможно, мы узнаем о нем в скором времени.

А пока ученые подготовились к многократным операциям с диском, дыркой и сплошной стенкой.

Основные измерения начались. И снова неприятность. Оказалось, что работе на самых коротких волнах очень мешает земная атмосфера. Слабое радиоизлучение Луны на этих волнах поглощается в парах воды, а выделить с нужной точностью остаток его на фоне помех не удается. Пришлось везти радиотелескопы на склоны Эльбруса, там на высоте 3200 метров нашлась удобная площадка. Но выяснилось, что и эта высота недостаточна. Горьковчане отправились на Памир, где воздух суше, чем в Сахаре. И здесь на высоте 4200 метров радиоастрономам, наконец, удалось провести наблюдения.

И вот настало время делать выводы из всей серии необычных экспериментов.

Замерив с большой точностью величину радиоизлучения, испускаемого различными слоями лунной поверхности, ученые определили многие характеристики лунного вещества — его плотность, теплопроводность, электропроводность, и даже смогли оценить его минералогический состав и структуру. Теперь стало ясно, что никакой шубы, покрывающей почву Луны, не существует. Поверхностный слой нашего спутника довольно однороден и на глубину полутора метров сохраняет свои свойства неизменными. Расчеты показали, что плотность верхних слоев лунной породы почти в два раза меньше плотности воды. Следовательно, это не может быть обычная пыль, а тем более гранит или гнейс. И в определении теплопроводности лунного вещества ученые раньше ошибались. По новым расчетам, она в 50 раз больше той удиви-

тельно низкой величины, которая была подсчитана ранее (правда, она все равно в 30—40 раз ниже, чем теплопроводность любой из земных пород). И совсем не совпадает с теплопроводностью пыли в пустоте.

По мнению горьковских радиоастрономов, поверхность Луны должна быть более всего похожей на пемзу или пенобетон. Это твердое, очень пористое вещество с тонкими, но крепкими перегородками. Прочность пористой лунной почвы настолько велика, что ее свойства не изменяются вплоть до глубины в 20 метров. Недавно в нашей стране было получено нечто подобное. Расплавляя вулканическую породу и смешивая ее со специальными добавками, которые вызывают бурное выделение газов, инженеры создали новый строительный материал. В застывшем виде это очень легкая и прочная масса, прекрасный теплоизолятор. Если же выкачать газы, заполняющие его поры, то его теплопроводность, еще более уменьшившись, приблизится к теплопроводности лунной почвы.

— Если немного пофантазировать, опираясь на факты, — говорит Всеволод Сергеевич Троицкий, — то поверхность Луны нужно представлять себе похожей на унылую пустыню. Представьте застывшее море при обычном волнении в 1,5—2 балла. Так, если судить по сходству отражения радиоволн от морской и лунной поверхностей, выглядит шероховатая лунная почва. Возможно, однообразный пейзаж кое-где у подножий гор и возле кратеров разнообразится нагромождением камней и обломков, похожим на известный каменный «хаос» у входа в Алупкинский парк.

В общем будущие космонавты не утонут в океане пыли, — добавляет он, — опорой им будет слегка хрустящая, но твердая порода.

Так ученые узнали у радиоволн о внешнем виде лунной поверхности и о физических свойствах покрывающего ее вещества. Но для того чтобы ответить на вопрос: что представляет собой лунный камень, какова его природа? — надо знать его химический состав. А как его определить с Земли?

ЛАБОРАТОРИЯ НА ВУЛКАНАХ

На этот вопрос у ученых сейчас «в ходу» несколько точек зрения. И одна из них — определение химических свойств лунной породы путем изучения ее оптических свойств и сравнения их с оптическими свойствами земных пород. Серьезные работы в этой области ведутся в Харькове под руководством Н. П. Барабашова и в Ленинграде — В. В. Шароновым и Н. Н. Сытинской.

Во взглядах этих школ есть некоторые различия. Харьковчане исходят из того, что лунная поверхность имеет крайне темную окраску. По образному выражению профессора Козырева, Луна «сложена из пород, отражающих свет так же мало, как свежевспаханное поле». Вот харьковские ученые и думают, что лунным веществом может быть туф — своеобразный продукт, образующийся на Земле в результате перестройки горных пород под действием воздуха и воды.

Ленинградские ученые основываются на том, что вещества, выбрасываемые вулканами: коричнево-красные, бурые, черные шлаки, тоже имеют по преимуществу темную окраску. Они, как и лунные породы, очень плохо отражают свет.

— Мы отнюдь не утверждаем, что лунная поверхность покрыта именно вулканическим шлаком, — говорит глава ленинградской школы, известный исследователь Луны В. В. Шаронов, — но мысль о наличии на Луне шлакообразного вещества вулканического происхождения весьма правдоподобна.

Чтобы проверить свои предположения, ленинградские астрономы решили исследовать действующие вулканы. Профессор Шаронов, астроном и альпинист Н. Б. Дивари и инженер А. В. Блазунов, захватив с собой специальные фотометрические приборы, отправились в один из немногих районов активного вулканизма в нашей стране — на Камчатку. Они решили вести исследования на склонах действующих вулканов — Авачинского и Ключевского. Цель ученых была — сравнение ландшафта земных вулканических областей с тем, что астрономы видят на Луне.

Об этой экспедиции Шаронов рассказывает:

— Дождливый климат Камчатки очень мешал работе. Дело в том, что отражательная способность любого материала в сухом и мокром виде различна. Естественно, что для сопоставления с безводной Луной, где грунт всегда совершенно сух, годятся только данные, полученные при сухой погоде. Кроме того, сама методика измерений требует безоблачного неба и солнечного освещения. И все-таки нам удалось собрать обширный материал. Он будет пополнен исследованиями образцов в лаборатории.

Обработка материалов — дело длительное, и пройдет еще некоторое время, пока ленинградцы сделают окончательные выводы.

«Но уже сейчас можно сказать, что так называемый вулканический пепел едва ли существует на Луне в сколько-нибудь значительных количествах, — пишет в одной из своих статей Шаронов, — во-первых, у пепла сравнительно светлая окраска; во-вторых, это материал рыхлый, он легко осыпается и поэтому не может дать покрова с той ноздревато-изорванной структурой, которую, как говорят исследователи, мы должны встретить на лунной поверхности».

ЛУНИТ

У горьковских ученых свой подход к решению проблемы. Они считают, что оптический метод в данном случае ненадежен. Если верить ему, то пески разного цвета, белая и черная пемза, обладающие различной отражательной способностью, не одинаковы по своему химическому составу, а совершенно различны. Это, конечно, неверно. Их состав в основном одинаков, а окраска целиком зависит от ничтожных примесей, не влияющих на другие свойства.

Сравнивать земные и лунные породы по теплопроводности? Тоже ненадежно. Хоть радиоастрономы и научились мерить теплопроводность лунных пород очень точно, но она зависит не столько от химического состава, сколько от структуры и степени пористости.

По плотности? Это тоже ничего не скажет.

Так существует ли вообще какая-нибудь зацепка для опознания химического состава лунного вещества? В. С. Троицкий считает, что такой зацепкой может быть сравнение степени затухания радиоволны при прохождении ее через земное и лунное вещество. Верным критерием считается даже и не самое затухание, не потери энергии радиоволны, а особое число, характеризующее эти потери, — угол потерь. Его величину в лунной породе горьковчане определили из наблюдений радиоизлучения Луны. Для того чтобы определить, какая из земных пород обладает этой же характеристикой, пришлось перебрать и исследовать тысячи образцов. Из карьеров и музеев Армении были собраны самые различные минералы, а также каменные метеоры и тектиты. Их сопоставляли, сравнивали, исследовали радиоволнами различной длины.

После двух лет работы горьковчане окончательно убедились, что лунное вещество по своему химическому составу не похоже ни на туф, ни на шлак. Ближе всего оно к... граниту, диориту, липариту, габбро, нефелиновому селениту.

— Сейчас, — говорит Троицкий, — можно уже достаточно определенно сказать, что верхняя порода Луны содержит 60—65 процентов окиси кремния (минерал кварц), 15—20 процентов окиси алюминия (минерал корунд). Остальные 20 процентов составлены из окислов калия, натрия, кальция, железа и магния. Значит, лунные породы имеют тот же химический состав, что и земные. Но в силу лунных особенностей — отсутствия воды и воздуха, из-за воздействия резких колебаний температуры — эти породы находятся в необычном для Земли пористом состоянии.

Особенно интересно, что все наблюдения свидетельствуют о том, что в среднем свойства вещества на всей поверхности Луны, — и на ее «морях» и на материках — почти одинаковы. Теперь можно твердо сказать, что морей пыли на Луне не существует.

Так радиоастрономы опознали лунное вещество. Опознали дистанционно, на огромном расстоянии от Земли, словно у себя за лабораторным столом!

Горьковчане много спорили и о свойствах лунного вещества и о том, как назвать его. Ведь судьба его похожа на судьбу вещества солнечного — гелия. Обнаружив гелий впервые на Солнце, люди дали ему имя «солнечный», не подозревая, что он равноправный житель Земли. Лунное вещество по своим физическим свойствам — продукт истинно лунный, и его имя, конечно, должно отражать его сугубо лунную сущность. Горьковчане устроили настоящий конкурс, чтобы дать имя своему детищу. Победило нежное «лунит». Так горьковские физики и назвали лунное вещество.

Но на этом работы по исследованию Луны не прекратились. Радиоастрономы решили продолжать зондировать Луну вглубь, исследовать излучение более глубоких слоев ее почвы. Сравнив показания радиотелескопов, принимавших радиоизлучение на различных длинах волн, они пришли к поразительному выводу: недра Луны горячие!

Да и какой другой вывод можно было сделать, если на глубине в 20 метров температура оказалась на 25 градусов выше, чем на поверхности. По расчетам, на глубине 50 километров она равна 1000 градусам!

Если Луну греет только Солнце, то в глубине ее не может быть теплее, чем на поверхности. Значит... Значит, Луну греют ее недра. Это окончательно доказало, что Луну нельзя назвать полностью остывшей.

И что особенно интересно: поток тепла, идущий из недр Луны через каждый сантиметр ее поверхности, оказался таким же по величине, как и у нашей планеты. Для космогонии это очень важно.

Радиоастрономы, изучая Луну, получили еще одно подтверждение теории происхождения планет, созданной О. Ю. Шмидтом.

В соответствии с этой теорией все планеты и их спутники образовались в результате концентрации холодного метеоритного вещества, которое в весьма отдаленные времена сравнительно однородно заполняло окрестности Солнца.

С течением времени в результате радиоактивного распада вещество, сосредоточившееся в небесных телах, нагревается. Степень нагрева зависит при прочих

равных условиях от размеров планеты. Вероятно, Луна не имеет жидкого ядра. Это подтверждается также отсутствием у нее заметного магнитного поля, что было установлено приборами, приблизившимися к ней на советских лунных космических станциях. Да, каждый новый факт о родстве и сходстве с Землей и другими планетами солнечной системы заполняет один из пробелов в биографии Луны.

Работа советских астрономов и радиоастрономов по изучению Луны в полном разгаре. Особенно большие возможности перед учеными открывает могучая космическая техника, способная доставить сложные приборы в район Луны и на ее поверхность.

После выхода первого издания этой книги прошло два года. Но за это короткое время ученые добились потрясающего успеха. 3 февраля 1966 года космическая обсерватория «Луна-9» совершила мягкую посадку на Луне! 2 июня этого же года прилунился и «Сервейер-1», а в конце года прилунилась и начала передавать панораму лунной поверхности «Луна-13».

После того как на Земле была принята панорама лунного пейзажа, окружающего станцию, стало ясно, что на поверхности Луны, во всяком случае, там, где прилунились станции, нет заметных следов пыли. Зато ясно видна изрезанная порами губчатая пемзоподобная поверхность, на которой разбросаны отдельные камни различного размера.

Теперь мы уверены, что космический корабль может безопасно прилуниться и стартовать в обратный путь, что космонавты смогут ходить по Луне.

Не будем же грустить о том, что лунная радиоастрономия уступает место лунографии, лунологии и другим лунным вариантам наук о Земле. Но изучение недр Луны еще долго останется задачей радиоастрономов. Первые посетители Луны, несомненно, начнут с других исследований, не требующих громоздкого оснащения. Ведь для бурения глубоких скважин требуются тяжелое оборудование и много энергии.

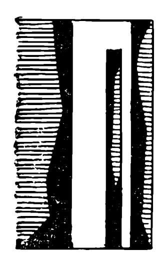
Поэтому радиоастрономы продолжают разведку, прокладывая дорогу космонавтам.

СКВОЗЬ «УГОЛЬНЫЕ МЕШКИ»

Ядро нашей системы требует особого внимания. Его тайны закрыты от нас сильным поглощением, которое скрывает ядро и, может быть, закроет его совсем.

Х. ШЕПЛИ

ЗАГАДКА МЛЕЧНОГО ПУТИ



овернувшись к светилу спиной, Земля погрузилась в сон. Солнце перестало слепить глаза звездам, и они взглянули на Землю. Этого момента дожидались астрономы. Уединившись в уютных башенках телескопов, они припали к гигантским подзорным трубам. Воображение в мгновение ока перенесло их к далеким звездным мирам, откуда свету, самому скорому путешественнику, приходится добираться к Земле сотни, тысячи и миллионы лет.

Так происходит каждую ночь, начиная с той памятной ночи 1609 года, когда в небо направил свой телескоп Галилей. Тогда-то и был раскрыт секрет полосы слабого жемчужного света, опоясывающей небо. Призрачная дуга, которую мексиканцы поэтично называли «маленькой белой сестрой разноцветной дуги», героиня бесчисленных легенд и сказаний, она предстала перед Галилеем хороводом слабых звезд, разбрызганных по бархату ночного неба, как капельки росы или брызги молока.

Как гигантская карусель, кружится в мировом пространстве Млечный Путь. Столетие назад крупнейший

английский астроном Вильям Гершель считал, что вблизи ее оси находится и наше Солнце со своей спутницей Землей. А Млечный Путь как завороженный вращается именно вокруг них.

Но, как оказалось впоследствии, Гершель ошибался. Когда ученые определили настоящее место Солнца в Галактике (где-то на расстоянии трети по радиусу от ее центра), они ничем не могли заполнить «освободившееся» место.

УПРЯМАЯ КЛЯКСА

...Оторвавшись от телескопа и поеживаясь от сырости, сэр Джеймс Джинс предавался грустным размышлениям. Блестящий астроном и писатель, он, как, впрочем, многие из буржуазных ученых, отдавших дань реакционной философии, был пессимистом.

«Что толку, — думал он,— в наших эфемерных знаниях? Что значат они, если даже до ближайших звезд так далеко, что нельзя увидеть происходящее там в тот момент, когда мы на них смотрим. Какой же давности сведения приносит нам свет, который отправился в свое путешествие по меньшей мере тысячелетия назад, когда Земля и не мечтала о какой-либо цивилизации! Когда, покрытая первобытными лесами и населенная дикими животными, она не знала земледелия и принадлежала людям, одетым в звериные шкуры и вооруженным палицами и камнями? Пока к нам идет свет от ближайшего звездного скопления, на Земле успела разыграться вся писаная история человечества. Шестьсот поколений людей родились, прожили свой век и умерли; государства расцветали, приходили в упадок, горели в огне революций и вели жестокие войны; одна культура сменялась другой, люди развивали технику, воздвигали величественное здание науки...»

Его причудливо очерченный рот, рот скептика, не имеющий ничего общего с энергичным лицом и ясными глазами, кривила горькая усмешка. Разве человек может объять необъятное? Разгадать душу вселен-

ной, ее тайны, если наше прошлое, настоящее и будущее — лишь мгновение в истории вселенной?

Он был согласен с Блезом Паскалем, интереснейшим ученым XVII века, величайшим гением и безумцем, философом и мистиком, умевшим заглянуть в самую суть любых вещей и, однако, признавшимся: «Вечное молчание бесконечных пространств пугает меня».

Но был и другой Паскаль, еще не испуганный загадками бесконечности, который в двенадцать лет самостоятельно открыл принципы геометрии Эвклида, в шестнадцать написал трактат о конических сечениях, в двадцать четыре опубликовал отчет о «новых опытах касательно пустоты», автор первой математической машины. Ему принадлежат и такие пророческие и полные внутренней силы и гордости слова: «Человек — это лишь тростник, самое слабое создание природы, но тростник мыслящий: если бы вселенная уничтожила человека, он был бы все равно благороднее той силы, которая его убивает, ибо он знает, что умирает. Вселенная же не знает об этом ничего».

И Джинсу его сомнения не помешали сделать изучение космоса делом всей жизни.

Видения звездной дали влекли как магнит. Жизнь звезд была так таинственна и волнующа, что Джинс, сбросив с себя пессимизм, снова жадно приникал к телескопу.

Перед его глазами проплывали круглые, как мячи, и сплющенные, как яйца, туманности; закрученные, как пчелиные рои, звездные скопления. Рассматривая вышитые бисером космические кружева, он читал в их узорах историю вселенной. Бледное сияние рассказывало о составе звезд, об их массе, о внутреннем строении. Ученый пристально вглядывался в фотографии тысяч гигантских звездных миров — галактик, чем-то похожих и не похожих друг на друга. Сколько здесь тайн, сколько пищи для раздумий!..

Но особенно мучила Джинса, да и других астрономов загадка центра Галактики. Что находится в сердце Млечного Пути, там, куда Гершель помещал раньше Солнце?

Когда Джинсу задавали вопрос, что же таит в себе ядро нашей Галактики, он недовольно морщился:

— Не знаю. Невероятно громадное пятно темного непрозрачного вещества закрывает от нас сердце Млечного Пути. Вероятно, по этой причине центральное солнце вселенной никогда не откроется глазам человеческого рода. Может быть, такого солнца, в действительности и не существует, его нет в природе. Может быть, место за черной непрозрачной завесой занято чрезвычайно плотной и огромной кучей обыкновенных звезд. Впрочем, эти рассуждения носят уже несколько гадательный характер, ибо мы не можем знать, чем заполнено пространство за черным занавесом. Но можем быть уверенными, что это место занято колоссальным количеством материи, которая управляет и величиной космического года и движением всех звезд Млечного Пути.

...Это было сказано в 1930 году. А еще через двадцать лет вопрос о центре Галактики оставался почти в том же положении. На карте нашего звездного мира в центре, как клякса, лежало черное пятно.

Да, знакомством с ядром Галактики не мог похвастаться еще ни один астроном в мире. Ни до Джинса, ни после него. Ни более знаменитый, ни менее. Ни пессимист, ни оптимист.

ПЯТНО СТЕРТО

Юра Парийский стремглав взбежал на второй этаж радиоастрономического корпуса Пулковской обсерватории. Зажав в руке обрывок ленты, только что вынутой из самописца, он без стука ворвался в кабинет профессора Хайкина.

— Семен Эммануилович, — выдохнул он, — вот!..

Две головы поспешно склонились над листком. Если бы через их спины заглянул неискушенный в науке человек, он увидел бы лишь цветной силуэт горбоносой кривой.

Но для двух ученых — молодого, только начинающего свой путь в науке аспиранта и его маститого

руководителя — здесь были и плоды напряженного труда целого коллектива, и свершение их личных надежд, и романтика научного поиска, и победа над тайной, казавшейся неразрешимой.

— Поздравляю! — взволнованно сказал профессор. — Центр Галактики расшифрован.

Это было весною 1959 года.

— А помните, Юрий Николаевич, — говорил Хайкин, — что писали Джинс, Шепли да и другие? Они черпали свои сведения только у света, поэтому поневоле попали в безвыходное положение. Если грозовые облака способны затмить Солнце, то, каким бы ослепительным ни оказалось ядро Галактики, свет от него не в состоянии пробиться через гигантские облака межзвездной пыли и заледеневшего газа. Он тонет в глубинах этих «угольных ям». Возможно, со временем эти облака и рассеются или Земля обгонит их, но когда? Если это случится скоро, то скоро только в астрономическом масштабе. Да, свет завел ученых в тупик. А вывели из него... радиоволны.

Оба невольно представили себе путь, пройденный к центру Галактики. Все началось с того, что ученые решили обратиться к помощи инфракрасных лучей, позволяющих видеть в темноте сквозь туман и дымовые завесы. Что... если?..

И вот в 1948—1949 годах советские ученые А. А. Калинюк, В. И. Красовский и В. Б. Никонов уже фотографируют инфракрасные лучи, пробившиеся через толщи межзвездного газа и пыли, и на туманной фотографии с трудом разглядывают большое звездное облако. Видение слишком слабо, расплывчато, неопределенно. Делать выводы рано.

Но толчок был дан. Стало очевидным, что надо искать встречи если не со светом, то с какими-то другими волнами, для которых пыль и туман не помеха.

Около двух десятков лет назад в астрономию ворвалось свежее дуновение. Ученые обнаружили, что там, где не пройти ни синему, ни желтому, ни красному свету, открыта дорога для радиолучей. Они сво-

бодно пробираются и через зловещие толщи «угольных мешков».

Родилась радиоастрономия. Под ее напором лопнули многие преграды. Разрешилась куча нерешенных вопросов. Радиоволны указали ученым путь и в центр нашего звездного города.

Однако и на этом пути ученых поджидали огорчения. Методы поисков были определены не сразу. Американские ученые Янский и Ребер получили изображение ядра Галактики в лучах метровых радиоволн, но оно разочаровало их.

Положите перед слепым на стол много мелких предметов и попросите описать их. Он не станет накрывать их все вместе ладонью, а будет ощупывать каждый в отдельности.

Вначале радиоастрономы пытались «накрыть» невидимый космический предмет широкой ладонью метровых радиоволн. Ясно, что их «ощущения» были расплывчаты. Они получили лишь общее представление о ядре, которое ничего им не объяснило. Слишком несовершенны были первые радиотелескопы. Одной из важных задач было создание аппаратуры с острым «зрением», с тонким «слухом». Ученые решили, что радиотелескопы должны иметь как можно большие размеры. И скоро попали в ловушку. Громоздкие, гигантские «уши» прогибались под собственным весом, боялись даже дуновения ветра, а слышали все равно плохо.

ВОСЬМОЕ ЧУДО

Мысль создать чувствительный и островидящий прибор — разведчик вселенной — преследовала Хайкина давно. Он думал над этим еще тогда, когда на борту теплохода «Грибоедов» вместе с группой первых радиоастрономов плыл к берегам далекой Бразилии исследовать затмение Солнца в радиолучах; когда лазал на гору Кошка, что под Симеизом, выбирая удобное место для будущей Крымской радиоастрономической обсерватории. И в Москве, в Физическом

институте имени Лебедева, где рождались первые робкие контуры оригинального невиданного прибора.

И вот этот радиотелескоп создан в Пулковской обсерватории под Ленинградом. При взгляде на удивительное сооружение вспоминается древняя легенда о том, как Архимед при обороне своего родного города сжег неприятельский флот, приказав десяткам воинов отбрасывать при помощи блестящих щитов отражение Солнца на одну и ту же точку вражеского корабля.

Девяносто щитов, составляющих телескоп, выстроились, как на параде, образовав дугу длиною в 130 метров. Все щиты согласованно нацеливаются на космический объект. Как губка, впитывает радиотелескоп даже чрезвычайно слабое космическое радиоизлучение. Как указка, ощупывает небольшие участки небосвода. Ему ничего не стоит «разрезать» Луну на 25 частей и по очереди исследовать каждую в отдельности.

Этот удивительный радиотелескоп, созданный С. Э. Хайкиным и его ближайшим сотрудником Н. Л. Кайдановским, и помог Юре Парийскому добиться того, чего не могли осилить самые заслуженные астрономы всех времен.

...Семен Эммануилович часто подходит к окну кабинета, чтобы в сутолоке дел хоть издали посмотреть, как работает его любимец — гигантский радиотелескоп. Глазам открывается привычная панорама. Здесь каждый железный скелет, каждый ажурный каркас напоминает ему радостную и трудную историю воплощения его идеи в жизнь. В лучах солнца Пулково напоминает заколдованный город. Тихо на его пустынных, строго прочерченных асфальтом площадках, поросших густой травой. Одинокими и безлюдными кажутся своеобразные башенки телескопов, напоминающие восточные минареты. Серебряные купола и белоснежные стены придают им особую легкость, воздушность. Изредка один из куполов будто сам собой раздвигается, и оттуда показывается око устремленной в небо гигантской подзорной трубы...

Иногда тишину волшебного города прорезывает

смех или говор знакомой и незнакомой речи. Это группа сотрудников или студентов, проходящих в Пулкове практику, а то и иностранные туристы, в изобилии совершающие паломничество в пулковскую астрономическую Мекку, чтобы взглянуть, как многие шутя говорят, на восьмое чудо света.

Что ж, нередко думается ученому, места эти и впрямь святые. Земля Пулковских высот обильно полита кровью ленинградцев, отстоявших свой город от гитлеровского нашествия. Здесь в ураганном, ни на секунду не прекращающемся огне рождалось право советских людей на мирную жизнь, на счастье заниматься любимым делом.

Не удивительно, что ученые, пришедшие после войны на совершенно пустое место, не могли не сделать Новое Пулково еще краше прежнего, не могли не быть первыми в рядах ученых, штурмующих цитадель космоса.

ВО ЧРЕВЕ «УГОЛЬНОГО МЕШКА»

Цветная остроносая кривая, которую получил Юра Парийский на радиотелескопе Хайкина и Кайдановского, не спешила раскрыть ученым свой секрет.

Вот перо самописца вывело ровную полоску. Здесь глаз радиотелескопа шарил еще где-то далеко от центра Галактики. Радиоизлучение было ровным, как воды спокойной реки.

Ближе, ближе к ядру... Кривая взметнулась ввысь — это жало прибора заглянуло в самое сердце Млечного Пути. Как струя крови из вскрытой артерии, радиоизлучение хлещет из невидимого глазу ядра нашего мира.

Телескоп отводит взор чуть дальше — кривая успокаивается, спадает, и уже снова — ровное дыхание радиоволн.

Что же порождает стихию радиоизлучения в недрах Галактики? Что там происходит?

Чтобы понять это, пришлось привлечь на помощь

физику и математику. Вот что открылось глазам ученых.

Гигантский костер пылает в центре нашего звездного города. Чтобы поддержать его горение, природа подбросила в него сонмы кипящих звезд. Тучи горячих ионизированных газов пронизывают невиданное пламя. В такой жаре (Парийский подсчитал, что температура там по крайней мере не меньше 10 тысяч градусов) не может уцелеть «живым» ни один атом. Извергая потоки энергии, они раскалываются на ионы и электроны, образовывая знакомую нам электронно-ионную плазму.

Сгустки ядер, подхваченные шквалом бушующей в костре стихии, непрерывно выбрасываются в мировое пространство.

Полчища электронов, запутавшихся в цепкой сети магнитных полей, мечутся вокруг костра. Они-то и излучают свет, который теряется в глубине «угольного мешка», и радиоволны, пробившиеся сквозь завесы пыли к Земле.

Костер так велик, что внутри него поместился бы весь район, занятый Солнцем и ближайшими к нам звездами. Чтобы пройти сквозь этот костер, свет должен затратить двадцать лет. И все-таки радиоастрономы считают, что они обнаружили очень маленькое ядро. Маленькое по сравнению с размерами Галактики: ядро в 2000 раз меньше расстояния от ее центра до внешних концов спиралей.

НЕ СОВПАДЕНИЕ ЛИ?

Большое открытие сделали советские ученые. Конечно, практической пользы из этого пока не извлечь. Но для изучения вселенной, познания законов мироздания оно неоценимо. Знакомясь с разными сторонами жизни космоса, ученые сравнивают, анализируют, сопоставляют данные, и из гипотез рождаются теории, из теорий — прочные объективные знания.

Одни галактики только родились, другие уже со-

старились. Изучая их в разных стадиях эволюции, можно делать выводы о возможных вариантах их зарождения, развития. Можно по излучению звезд судить об их прошлом, настоящем и будущем.

Пролив свет на тайну Млечного Пути, ученые приблизились к разгадке заветных секретов мироздания, получили еще один ключ к решению проблемы происхождения звезд в нашей Галактике.

И вот что особенно интересно. Открытие советских ученых во многом перекликается с исследованиями американца Бааде и мексиканца Мюнка, которые изучали ядро туманности Андромеды. Это ближайшая к нам галактика. Она во многом, как сестра, похожа на нашу. Бааде наблюдал центр Андромеды в видимых лучах. Путь к нему свободен от пылевых заграждений. Сильный телескоп позволил ученому обнаружить в центре этого звездного скопления облако, состоящее из отдельных звезд. Та же картина, что и в центре нашей Галактики.

Мюнк провел исследование спектра излучения из области вокруг ядра туманности Андромеды и обнаружил, что из ядра непрерывно истекают раскаленные газы. Они уносят огромное количество материи, порядка одной солнечной массы в год.

Не удивительно ли, что аналогичное явление обнаружено в ядре нашей Галактики! Таким образом, ученые сделали вывод, что из ядер галактик могут непрерывно и долго течь раскаленные газы и в то же время в них могут происходить мощные взрывы вещества, рождающие потоки электронов высоких энергий.

Академик Амбарцумян так комментирует эти открытия:

— Наблюдения все больше подтверждают мысль, что ядра являются центрами образования новых составных частей галактик. Ясно также, что для протекания процессов, которые мы сейчас связываем с ядрами галактик, нужны условия, резко отличающиеся от тех, которые царят в окружающем нас космическом пространстве. Именно поэтому дальнейшее исследование природы ядер галактик — наиболее

увлекательное направление в современной астрофизике.

Да, чрезвычайно увлекательное! Здесь каждое новое открытие, отвечая на один вопрос, задает другой. Наблюдения ядра Андромеды прояснило многое, но заставило и задуматься о многом.

Что особенно поразительно: размеры ядра Андромеды удивительно точно совпали с размерами, полученными Парийским для ядра Млечного Пути... Совпадение? Конечно, нет. Очевидная закономерность. Звезды, звездные скопления, галактики развиваются не хаотично, не произвольно, а по строгим законам мироздания. И выяснить их — не безнадежная задача, как считали раньше ученые-идеалисты. Как всякие явления, жизнь космоса познаваема. И что не познано сегодня, будет познано завтра. Если не нами, то нашими потомками. Человечеством.

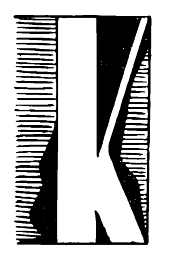
Да, прав был тот, кто сказал, что в тайнах никогда не будет недостатка. По крайней мере так долго, как долго будут существовать люди, способные размышлять над ними.

ШТОРМ В ПРОБИРКЕ

Корабль о стену
морскую,
Как в клетку загнанный
зверь,
Бьется, дрожа и тоскуя,
Не в силах пробить себе
дверь.

НУРДАЛЬ ГРИГ

ПОСЛЕ ОТСТУПЛЕНИЯ ОКЕАНА



азалось, ничто не предвещало бедствия. Океан спал. Но вдруг на горизонте поднялась огромная волна и с бешеной скоростью устремилась к берегу. Подхватив рыбачьи лодки и большие корабли, она с ревом выбросила их на сушу, проникнув местами на десятки километров в глубь острова. Когда мутные потоки воды схлынули, они унесли с собой трупы людей и животных, крыши домов и стволы деревьев.

Примерно через полчаса показалась еще одна высокая волна. За ней шли более слабые, после ухода которых уцелевшие жители японского острова Хонсю могли наблюдать реальную иллюстрацию к библейской легенде о всемирном потопе.

Цунами, обрушившиеся на Хонсю в 1896 году, унесли 27 тысяч человеческих жизней.

Хотя волны цунами сравнительно редкое явление, в бассейне Тихого океана они повторяются каждые несколько десятилетий. Знают цунами и на побережье Атлантического океана. Жители Лиссабона как легенду вспоминают события 1775 года. На их город обрушилась волна высотой с шестиэтажный дом.

Она разрушила не только набережную и стену крепости, но и размыла перешеек, соединяющий город с материком. И когда прибрежные жители видят, как океан вдруг начинает медленно отступать, готовясь с разбегу наброситься на берег, все приходит в движение. Спешно увязываются узлы, запираются дома. Скот угоняют в горы. Дороги заполняются толпами испуганных людей. Все живое спешит подальше от страшного бедствия...

Огромной силой обладают и приливные волны.

«В 10 часов утра толпа зрителей собралась на берегу Сены. Воды ее были гладки, как зеркало, и совершенно неподвижны. Взоры всех были устремлены вниз по течению, откуда ожидали маскарет (так здесь называют приливную волну). Он появился с точностью, какая сделала бы честь монарху. Стремительно налетел он из-за изгиба Сены. По середине реки приближалось нечто похожее на темную стену. Скорость, с какою неслась эта водная масса, равнялась по меньшей мере скорости скачущей галопом лошади».

Так рассказывает очевидец об очередном пришествии приливной волны на Сене.

Такие волны способны прорвать защитные дамбы, уничтожить селения и посевы. По их вине в 1570 году были залиты большие голландские города Амстердам и Роттердам.

А штормы! Об их злодеяниях можно написать тома. В 1934 году шторм уничтожил один из крепчайших волноломов «Мустафа» в Алжирском порту. Волны вырвали с корнем основание сооружения и, как щепки, разметали по морю каменные обломки весом в десятки тонн.

Один из сильнейших штормов у Генуи буквально на глазах разрушил грандиозный волнолом, который строился в течение 18 лет. 19 февраля 1953 года чудовищные волны перешагнули через волнолом длиною около 4 тысяч метров и шириной в 12 метров. Они мгновенно опрокинули вертикальную стену длиною в 150 метров и уничтожили бетонные сооружения весом в 450 тонн. Ворвавшись в порт, волны потопи-

ли почти все корабли, спрятавшиеся от шторма в этой, казалось, неприступной крепости.

А сколько трагедий разыгралось во время сильных штормов в открытом море! Случилось так, что корабль, вздыбленный на гребень высокой волны или оказавшийся на вершинах двух соседних волн, разламывался пополам как щепка. Обычно жертвой прожорливых волн бывают корабли, конструкция которых недостаточно продумана.

Человек пока не может остановить ни волны цунами, порожденные подводными землетрясениями, ни приливные волны, вызванные притяжением Луны и Солнца, ни даже обыкновенные ветровые волны. Но можно изучить море, исследовать причины возникновения, характер и поведение волн, предсказать их последствия. Можно так рассчитать корабли и береговые сооружения, что им будут не страшны капризы водной стихии.

О необходимости изучения моря, о первостепенной важности морской науки лучше всего говорит один из первых декретов молодого Советского государства — декрет об учреждении Плавучего морского научного института, подписанный Владимиром Ильичем Лениным 10 марта 1921 года.

НЕ СТРАШНЫЕ ДАЖЕ ЛЯГУШКАМ

В Крыму близ Симеиза есть мыс, далеко выступающий в море. Еле видимой змейкой горная дорога подползает к самому берегу. Здесь в зарослях граба и дубняка сверкает ослепительной белизной двухэтажное, не совсем обычное здание. Из его круглых иллюминаторов открывается безбрежный морской простор. Над увитым кружевами глициний подъездом табличка: «Черноморское отделение морского гидрофизического института Академии наук СССР».

Здесь, как на экспедиционном корабле, всюду приборы: и на плоской крыше здания, и в лабораториях, и во дворе. Опускаешься к морю — и там на огромном камне примостились приборы. Они

усердно измеряют температуру моря, его давление, щупают пульс бьющего о камни прибоя, прислушиваются к дыханию волны, подсчитывают количество ветров, волнующих водную гладь. От приборов к зданию тянутся длинные щупальца проводов. Сигналы приборов управляют стрелками самописцев, царствующих в безмолвном, безлюдном зале автоматов. Они бережно и аккуратно, не зная отдыха, ведут дневник жизни моря. Перелистав его, ученые сделают свои выводы.

На вооружении у физиков самые различные приборы — от простого термометра до гигантского кольцеобразного застекленного бассейна, издали напоминающего цирк или циклотрон.

Вой, частенько рвущийся из этого таинственного сооружения, не раз пугал случайно забредшего сюда безмятежного курортника. Заинтересованный, он подходил ближе. За толстыми многометровыми стеклами плескалась морская вода. Вокруг бассейна суетились люди. Одни устанавливали фотоаппараты и разные приборы, другие готовились к пуску системы. И наконец, рев 21 вентилятора мощностью по 13 киловатт каждый возвещал о приближении самодельного шторма. Ветер, рожденный внутри бассейна, взъерошивал поверхность искусственного моря, увлекал за собой рваные клочья пены, образуя волны, подобные тем, которые возникают в открытом море.

— Что за безумная идея строить бассейн на берегу моря? — стараясь перекричать страшный шум, спрашивал невольный свидетель этого шабаша.

— Так это же штормовой бассейн, — отвечали ему. — Мы изучаем бури и шквалы.

— Но для чего это? — не скрывал недоумения прохожий.

— Мы наблюдаем и фотографируем волны для того, чтобы зафиксировать все подробности процесса их рождения и развития, — отвечали ученые. — Увеличивая обороты вентилятора, можно изменять скорость ветра внутри бассейна от 4 до 14 метров в секунду, создавать в нем штормы до 9 баллов. Недаром бассейн назвали штормовым!

Потом фотографии измеряют, классифицируют, сравнивают за лабораторным столом. Ученым уже удалось доказать, что форма ветровых волн отличается от той, которую им приписывали до сих пор и которая вошла в учебники. Найдена и причина этого различия. Без точных количественных данных было невозможно достаточно подробно изучить сложный процесс взаимодействия двух стихий — воздуха и воды, ветра и волн. Так физики разрабатывают теорию волнообразования.

— Но ведь, глядя на волны в открытом море, опытный моряк сразу определит характер ветра без всяких расчетов, — горячо протестовал новый участник исследования.

— А ученых интересует другое, — отзывался кто-нибудь из научных работников. — Какая волна образуется при ветре определенной силы? Какую энергию получает от ветра каждый квадратный сантиметр поверхности моря? Инженерам важно знать количественные соотношения между скоростью ветра и силой волн. Ведь это необходимо учесть при сооружении кораблей, пристаней, мостов, защитных дамб и много другого.

Увлеченный прохожий, который до того никогда даже не думал об изучении моря, уже до конца дня не отходил от исследователей. Он узнал, что, кроме поведения волн, в штормовом бассейне изучается вопрос возникновения подводных течений под действием ветра. Он сам видел, как в бассейн засыпается краска и причудливые цветные узоры рассказывают о законах движения воды под ее поверхностью.

А потом его привели в небольшую комнату, где были свалены в кучу «волны». Здесь был целый набор «волн» с различным профилем. Только сделаны они были из дерева.

— Чтобы более подробно изучить, что испытывают волны под порывами ветра, — пояснил добровольный гид, — достаточно засунуть деревянную волну в эту трубу.

И, встретив удивленный взгляд, добавил:

— Это аэродинамическая труба. В точно таких

же трубах, только размером побольше, испытываются самолеты — на Земле, а не в воздухе.

Взмах руки, вздох включенного мотора. В трубе слышен шелест ветра. Шелест переходит в вой. Такой ветер срывал бы уже листья с деревьев. Морская волна давно бы скрылась из глаз, но деревянная остается на месте.

Присмотревшись к ней, посетитель увидел крошечные отверстия, а в них — миниатюрные трубочки.

— Что это?

— Это манометры. Они очень хорошо чувствуют силу ветра и регистрируют распределение давления по профилю волны. Так мы изучаем распределение давления воздуха на поверхности океана в зависимости от силы ветра.

«Да-а, странная мысль — изучать море на берегу», — думал утомленный курортник.

И, как бы угадывая его мысли, ученый лукаво спросил:

— А по бликам вы не хотели бы угадать характер волн?

— Как по... бликам? — в недоумении переспросил огорошенный посетитель.

— Ну да, по световым бликам, оставляемым на воде Луной и Солнцем. Обычно благодаря тому, что поверхность моря не гладкая, по волнам бежит целая полоса бликов. Если присмотреться к этой дорожке, видно, что положение каждого блика различно в зависимости от крутизны волны. Вот мы и подумали: нельзя ли использовать световую дорожку для определения крутизны волны — ведь это необходимо для расчета поплавков гидросамолетов и для оценки их мореходных качеств. Дорожку сфотографировали и сравнили с целым набором фотографий дорожек с заранее известной крутизной. Так возник очень удобный и всем доступный метод измерения важной для техники величины...

Бури и штормы, конечно, изучаются не только на берегу. Бывает и так: ураганный ветер, нарастающий грохот волн, темно-синие тучи, спешащие в гавань корабли и... радостные лица охотников за штормами,

снаряжающих исследовательское судно в опасный рейс. Наконец-то буря! В море опускаются волнографы, непрерывно записывающие высоту и периоды волн; трещат камеры, производящие стереофотосъемки различных участков бурного океана, фиксирующие волнообразование во времени и пространстве. И в результате рейса — метод расчета волн и ветра в штормовом море. Бывает, что одновременно с выходом научно-исследовательского судна в воздух поднимаются самолеты, ведущие аэрофотосъемки.

Сотрудники Государственного океанографического института СССР охотились за штормами на Каспии 10 лет, исследовали 513 бурь, прежде чем установили необходимые закономерности рождения и развития штормов, которые легли в основу прогнозов волнений в море. Расчеты ученых помогают правильно сконструировать нефтяные вышки на Каспии, где идет добыча нефти со дна моря.

И вот недавно, 27 февраля 1963 года, в «Правде» появилась заметка, озаглавленная «Стальные улицы на Каспии». Вот что в ней рассказывается:

«На Каспии свирепствуют штормы. Однако это не сдерживает наступательного порыва разведчиков нефти и газа. На северо-восточном крыле морского промысла городка Нефтяные Камни бригада, возглавляемая Героем Социалистического Труда Ханогланом Байрамовым, возвела начальный, 20-метровый пролет будущей необычной эстакады. Она впервые сооружается над глубиной воды свыше 25 метров. В грунт забиты такие опоры, которые выдержат любые нагрузки при самых сильных ветрах. Для работы по-новому потребовалось модернизировать мощный эстакадостроительный кран бакинского инженера Г. Шихметова. Скоро вступают в эксплуатацию еще два таких агрегата, и стальные «проспекты» городка станут на высоте 35—40 метров, или десятиэтажного дома, от дна моря».

Все это грандиозное сооружение, вся потребовавшаяся для строительства аппаратура сконструированы на основе расчетов ученых.

Советские научно-исследовательские суда бороз-

дят воды Антарктиды, Северной Атлантики, Тихого океана, Балтики, Черного и Каспийского морей. На них ведется экспериментальная и теоретическая работа, с помощью новейшей волноизмерительной аппаратуры раскрываются законы штормов и бурь.

Ученые разгадали и тайну рождения страшных волн цунами. Виновными оказались подводные землетрясения. Воображение ученых нарисовало картину величественную и страшную. Мощный вздох Земли сотрясает океанское дно. Оно лопается и коробится, как корочка печеного яблока. Заполнив трещины в своем ложе, вода не может сразу успокоиться. Как толпа людей, в которой сзади напирают любопытные, не может остановиться мгновенно, так и потоки воды продолжают со всех сторон стремиться к месту катастрофы. Они сталкиваются между собой. К небу взвивается огромный водяной холм. Ослепив все морское царство фейерверком брызг, он спадает величественной кольцевой волной. В центре вновь образуется углубление, и все начинается сначала... Бросьте камень в тихую заводь — и вы увидите цунами в миниатюре. В месте падения камня возникнет воронка, затем всплеск, и во все стороны побежит крошечное цунами, не страшное даже лягушкам.

И, несмотря на то, что издавна считалось — бороться с этим стихийным бедствием безнадежно, пытаться предсказать его — безумная затея, советские ученые научились прогнозировать цунами. Сотрудники лаборатории теории волн и морских течений Океанографического института создали систему приборов, которые чувствуют цунами заранее.

...Результаты исследований ученых накапливаются. Постепенно морские волны, нашедшие уже свое отражение в поэмах и картинах, воплощаются в формулы и цифры. Они рассказывают о нраве моря не менее красноречиво, чем стихи — о его красоте.

Теперь, заглянув в справочники, технические пособия и познакомившись с рассказом этих формул и цифр, конструкторы создают проекты кораблей, пристаней, защитных дамб, электростанций, преобразующих энергию волн в электрическую.

И уже наверно, в каком-нибудь конструкторском бюро главный инженер, взглянув на чертеж иного проектировщика, хватается за голову:

— Какое сечение шпангоутов берешь? Какую волну в расчет положил? Среднюю? А надо максимальную! Смотри, какие технические условия дают нам ученые. Ведь не зря они годами силу волн меряют. Уважай теорию — и твой корабль любую бурю выдержит.

А где-нибудь на малолюдном берегу босоногий мальчишка с изумлением наблюдает, как из камня и железа возводится непонятное ему сооружение. В который раз он пристает к десятнику:

— Дяденька, что строите? Зачем заборы каменные в море вон как далеко, зачем?

— Дамбы это, от волн.

— А почему такие огромные?

— Как положено строим. И высота, и толщина, и длина, и куда класть — все заранее рассчитано. Строим не на год — на века...

Но ученых уже не удовлетворяет разработка планов обороны от нашествия волн. Их уже не удовлетворяет даже возможность предсказать надвигающееся бедствие. Они упорно работают над методами разрушения волн, над их укрощением. Сейчас разрабатываются пневматические установки, гасящие волны на отдельных участках бушующего моря. Создается конструкция пневматического волнолома. Идея активного вмешательства в дела природы прочно овладела умами ученых.

РАССКАЗ МОРСКИХ БРЫЗГ

Когда весеннее солнце заглядывает в окна горожан, многие начинают мечтать о поездке к морю. Действительно, редко кому не приносит пользу морской климат: ведь соли, содержащиеся в морской воде, имеют целебные свойства. Брызги, подхватываемые ветром, выносятся в атмосферу; вода испаряется, и капельки превращаются в мельчайшие

кристаллики соли, которыми богат приморский воздух.

Но в каком количестве и как эти соли переносятся в воздух и на сушу?—задают себе вопрос ученые.

Чтобы ответить на него, исследователи берут стопку стеклянных пластинок и устанавливают их навстречу ветру, дующему с моря. Пластинки терпеливо собирают брызги и мельчайшие кристаллики соли. Изучая их, удалось установить состав и пути следования целебных солей.

Оказывается, кристаллики соли и капельки морской воды, поднятые ветром, образуют устойчивую систему, близкую к дыму или туману. Ученые называют такие системы аэрозолями. Они могут уноситься далеко от моря и там с дождем и снегом опускаются на землю, попадают в почву.

Аэрозоли могут улететь и в верхнюю часть атмосферы. Это, возможно, и объясняет присутствие в верхних слоях атмосферы натрия, обнаруженного там при помощи спектрального анализа. По предварительным расчетам количество натрия, содержащегося в морской воде, как раз достаточно для того, чтобы обосновать это предположение. Окончательно этот вопрос будет решен при помощи ракет и искусственных спутников Земли.

Изучение состава аэрозолей важно и для решения чисто практических задач. Например, до сих пор не совсем ясен процесс коррозии металлических и бетонных сооружений. Какое вещество обладает наибольшим разъедающим свойством, кто так подтачивает бетон и крошит его, как хлеб? Какой способ защиты наиболее эффективен? На эти вопросы должно дать ответ изучение аэрозолей...

Работы по изучению аэрозолей помогут разобраться и в такой важной проблеме, как механизм распространения радиоактивных веществ в море. Весь мир возмущался многочисленными испытаниями атомного оружия, которые проводились США в районе Тихого океана. Теперь уже точно установлено, что глубины океанов и морей не могут использоваться для захоронения радиоактивных отходов. Конечно,

в морях содержится определенное небольшое количество радиоактивных элементов. В морской воде есть кальций, лантан, олово и активные продукты распада урана-238: ионий, радий, радон.

Естественная радиация морей не таит в себе никакой опасности. Наоборот, именно ей морской воздух отчасти обязан своими целебными свойствами. Но если к ним будут добавлять еще отходы от атомных бомб, Мировой океан будет серьезно заражен.

Кроме того, существуют вертикальные течения, которые вынесут эти отходы на поверхность, и тогда радиоактивные продукты уже в виде аэрозолей будут совершать дальние путешествия, подвергая опасности здоровье человечества.

Не менее опасны ядерные взрывы в атмосфере и космосе. Они непосредственно ведут к образованию радиоактивных аэрозолей.

Даже в продуктах распада так называемой «чистой бомбы», которые, по уверениям американских и английских ядерщиков, якобы не опасны, содержится более 6 процентов радиоактивного стронция. При взрыве в атмосфере эти продукты поднимаются на высоту 30—40 километров и ветром разносятся по всему земному шару.

Контрольные станции, следящие за содержанием в воздухе и почве радиоактивных продуктов, с тревогой сообщали об увеличении процента опасных добавок.

Непрекращающиеся испытания ядерного оружия серьезно увеличивали содержание в Мировом океане вредного для живых организмов стронция-90.

Близ районов испытаний, таких, как атолл Бикини, вода в океане обладала такой радиоактивной зараженностью, что суда были вынуждены менять свой курс. Из сообщений японской печати известно, что рыбаки, проводившие лов в Тихом океане на большом расстоянии от района испытаний, были поражены лучевой болезнью. Подписание Московского договора о запрещении атомных испытаний в воде, атмосфере и космосе сыграло важную роль в предотвращении радиоактивного заражения нашей планеты.

ВЕЧНЫЙ СЕКРЕТ ПОГОДЫ

Люди научились предсказывать затмения Солнца и Луны. А вот предсказать заранее дождь — это до сих пор является задачей со многими неизвестными. И хотя этих неизвестных с каждым годом становится меньше, все еще трудно постичь переменчивый нрав буйствующих ветров и кочующих над нами воздушных масс.

Советским ученым удалось внести важный вклад в науку о погоде, они выявили огромную роль Мирового океана в формировании климата на Земле. Раньше метеорологи считали ответственной за погоду в основном лишь воздушную оболочку Земли — атмосферу. Оказалось, водная оболочка — гидросфера — принимает в этом не меньшее участие.

Летом, когда горячие солнечные лучи купаются в море, оно бережно сохраняет их тепло, готовя зимний тепловой запас. А зимой, когда Солнце уже не в состоянии греть Землю, море щедро отдает воздуху и материкам сохраненный за лето запас тепла.

Из-за того, что материки и океаны по очереди становятся то холодильниками, то нагревателями, воздушные массы над ними не остаются в покое. Они кочуют, как перелетные птицы. Летом с океана на материк, а зимой обратно.

Скорость этих огромных масс воздуха достигает порой 100 километров в час, а распространяются они на тысячи километров, двигаясь фронтом шириной в сотни километров.

Эти так называемые струйные течения движутся на высоте в 10—12 километров, как раз там, где теперь обычно летают самолеты.

Летчикам очень важно знать особенности окружающей среды, чтобы избежать воздушных ям и болтанки. Метеорологи указывают направление и высоту струйных течений, и летчики стараются вести самолеты под потоком или над ним.

Ученые провели интересный расчет. Они подсчитали, что над каждым квадратным метром земной поверхности Азии зимой лежит воздушная масса, пре-

вышающая на четверть тонны массу того же столба воздуха в июле. Над Азией и Европой зимой скапливается воздух, избыточная масса которого исчисляется миллионами миллионов тонн.

А теперь взгляните на географическую карту. Видите, как неравномерно распределена вода и суша на Земле? Материки сжались в одном месте Мирового океана. И то, что зимой над ними скапливаются колоссальные избыточные массы воздуха, перекочевавшие с океана, приводит к невероятному на первый взгляд результату — к смещению земной оси!

Астрономы давно изучали это колебание географических широт, которое они обнаружили, наблюдая за небесными светилами, но причин понять не могли. Геофизика ответила и на этот вопрос.

...Жизнь человека тесно связана с морем. Рыбы, морские животные, водоросли — это неисчерпаемые запасы ценной пищи и сырья. Волны, прибой несут в себе потенциальные сокровища электроэнергии. Чтобы полностью овладеть богатствами морей и океанов, надо изучить их.

О многих интересных работах по изучению жизни моря можно еще рассказать: об исследовании оптики моря (ведь степень мутности морской воды имеет большое значение для фотосъемок под водой), акустики моря (как распространяется звук в воде? Это важно знать для проектирования средств подводной связи), термики моря (вопросы климата), биологии моря и других областей многообразной жизни моря.

Все это нужно знать для того, чтобы еще безопаснее было плавание кораблей, чтобы служили человеку нетронутые запасы энергии морских приливов и волн, огромные залежи тепла, им хранимые, чтобы еще полнее была власть человека над природой.

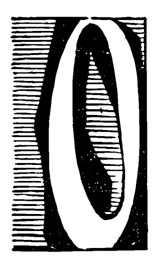
ПУТЬ К БЕЛЫМ КАРЛИКАМ

— Без сомнения, этот камень похож на алмаз. Откуда вы его достали?

— Я вам говорю, что я его сделал, — сказал он.

ГЕРБЕРТ УЭЛЛС

ЧУДО БРИТАНСКОГО МУЗЕЯ



н порывисто схватил трубу, насыпал в нее тщательно перемешанную смесь, долил водой, закупорил и начал подогревать. Три года он готовился к этому опыту, решал задачу о составе смеси, обдумывал технику. Теперь он у цели.

Раздался взрыв, стекла в комнате и часть аппаратуры были разбиты вдребезги, но человек из рассказа Уэллса в упоении рассматривал плод своего безумного опыта — порошок, сверкающий бриллиантовыми зернами...

Уэллсу, удивительному английскому мечтателю, было 14 лет, когда его страну, а затем весь мир, облетела сенсационная весть: Хэнней научился делать бриллианты! Английский ученый засыплет мир драгоценными камнями собственного изготовления!

Это событие вскружило голову не одному солидному дельцу, давшему себе слово не попадаться на удочку очередной сенсации. А подростку, страдавшему бешеным воображением, оно так пришлось по вкусу, так долго его преследовало, что через много лет заставило написать рассказ о человеке, научившемся делать алмазы.

Техника эксперимента Хэннея была весьма примитивна. Он смешивал различные углеводороды с костяным маслом и загружал эту смесь в трубу, изготовленную по принципу орудийного ствола. Затем открытый конец трубы заваривал и подогревал до красного каления в течение 14 часов.

Герой Уэллса, усовершенствовав эту технику, поступал приблизительно так же, но охлаждал свое варево в течение двух лет, надеясь, что маленькие кристаллики подрастут. И когда он потушил огонь, вынул из горна цилиндр и стал его в нетерпении развинчивать, обжигаясь еще горячим металлом, он нашел внутри несколько мелких и три крупных алмаза.

Вот и вся разница между действительным экспериментом и выдуманным писателем. Вся разница, если не считать, что ученым руководило стремление к покорению новых вершин науки, а героем Уэллса, обывателем, — страсть к обогащению. Поэтому вымышленный охотник за бриллиантами скрывал свою тайну, боясь, что алмазы станут так же дешевы, как уголь, а Хэнней опубликовал описание своих многообещающих опытов.

Правда, его указания очень смахивали на советы алхимиков, стремящихся превратить металл в золото. Раймонд Люлли, который, как гласит предание, был близок к решению этой задачи, давал такой немудреный совет:

«Вы возьмете чрево коня, которое переварено (я хочу сказать, человек божий, очень хорошего лошадиного навоза)... и в него поместите сосуд для перегонки и будете иметь без издержек и затрат огонь без огня и вечное круговращение квинтэссенции».

Этот чудный рецепт снился не одному поколению фантазеров, но так и не привел никого к получению философского камня.

Пользуясь советом Хэннея, каждый тоже мог при желании повторить его опыт. Мог... но странное дело! Прошло свыше восьмидесяти лет, а еще ни одному ученому не помогли советы Хэннея. И даже при самом пылком желании никто, если не считать героя Уэллса, почему-то не получил таким путем искусст-

венных алмазов. Хотя опыт и привлекал своей простотой, он не приводил к успеху.

Как Хэнней получил свои алмазы, осталось тайной. Молва говорила, что ученый сделал восемьдесят попыток, но достиг успеха лишь на восемьдесят первой. Он смог продемонстрировать всему миру кучку твердых сверкающих минералов.

Двенадцать маленьких кристалликов Хэннея, рожденных в пламени печи и в вихре его мечтаний, создали своему творцу ореол славы. Они были водворены как чудо в Британский музей, где и хранятся под названием «искусственных алмазов Хэннея».

И действительно, это настоящие алмазы. Тщательное исследование этих кристалликов, произведенное уже в наше время, в 1943 году, при помощи рентгеновых лучей, с достоверностью подтвердило, что одиннадцать из двенадцати кристаллов — алмазы. Но действительно ли они получены искусственным путем, доказать невозможно. Во всяком случае, повторить опыты Хэннея и получить алмазы его способом ни одному ученому так и не удалось. Алмазы Британского музея до сих пор безмолвно хранят загадку своего происхождения.

АЛМАЗНАЯ ГОРЯЧКА

...Однажды в давние времена, разъезжая по щедрой Африке и еле успевая нагружать объемистый фургон слоновой костью, которую приносили туземцы в обмен на стеклянные бусы, дешевую материю и побрякушки, бродячий торговец был поражен неожиданным зрелищем. В одной из деревень он наткнулся на детей, беспечно игравших удивительно сверкающими прозрачными камешками. Дошлый торговец сразу сообразил, что детишки перебрасываются никак не меньше, чем миллионами.

Это были первые алмазы, увиденные европейцем в Африке, алмазной сокровищнице, которая впоследствии поставляла на мировой рынок свыше 90 процентов отборнейших драгоценных камней. Это были

первые предвестники новых бед, которые обрушились на Конго и другие страны «бриллиантовой» Африки. Это был конец XVIII века.

На поиски счастья целым потоком хлынули авантюристы, заболевшие алмазной горячкой, которая была сродни золотой, охватившей Калифорнию, Клондайк, Австралию.

Они поделили алмазоносные земли на небольшие квадратные участки, которые делали местность похожей на гигантскую шахматную доску. Искатели алмазов, набросившиеся в исступлении на эти клочки драгоценной земли, рыли ее, перетряхивали, и знойный ветер подымал к небу облака горячей пыли и песка. Ямы становились все глубже, кучи отработанного грунта делались все выше, а переплетение тросов, по которым непрерывным потоком двигались мешки с песком, становились все гуще и придавали прииску вид обезьянника под металлической сеткой.

Туземцы на первых порах были удивлены наплывом оборванных, изголодавшихся рыцарей удачи, но потом и сами вовлеклись в порочный круг стяжательства.

Добыча природных алмазов была невероятно тяжела и сопровождалась бессовестной эксплуатацией местного населения. Известный французский путешественник и писатель Луи Буссенар так описывает жестокий и сводящий с ума азарт добычи алмазов: «На дне глубоких ям с усердием муравьев работают оборванные люди. Они роют, копают и просеивают размельченную землю. Их черные, белые или желтые лица покрыты грязью, пылью и потом. Кожаный мешок бежит наверх. Возможно, в нем целое состояние. Время от времени происходит обвал, или обрывается камень, или падает вниз тачка. Раздается крик ужаса и боли, и, когда кожаное ведро снова поднимается на поверхность, в нем лежит изуродованное человеческое тело. Какое это имеет значение? Главное — алмазы! Гибель человека — происшествие незначительное».

Ни смерть, ни болезни здесь не имеют значения. Чувство меры давно оставило этих одержимых. Кое

у кого уже припрятано целое состояние где-нибудь в земле или под палаткой, но он ходит босой, в лохмотьях, ест сухари. А ночью этот безумец лихорадочно перебирает свои сокровища, любуясь игрой голубых, зеленых, желтых искр, пронизывающих чудесный камень-искуситель, и высчитывает размеры своих богатств.

Представьте себе, как должна была ошеломить охотников за алмазами весть о получении Хэннеем искусственных алмазов! Зачем же ехать за тридевять земель, глотать раскаленную пыль и искать сокровища или смерть в знойной земле, когда легкого богатства можно добиться у себя дома при помощи несложных манипуляций! Новый способ добычи алмазов привлек на свою сторону не меньше жаждущих, чем старый. Среди них были и настоящие ученые и шарлатаны. В течение ста лет до Хэннея и после него научная общественность время от времени переживала приливы алмазного ослепления. Люди зачитывались сенсационными сообщениями об очередном успехе в получении искусственных алмазов. Но все было напрасно...

Добыча алмазов искусственным путем, которая поначалу казалась более легкой, принесла ученым годы тяжких и мучительных раздумий, поисков, ошибок. Энтузиасты искусственных драгоценных кристаллов шли трудным путем. Они тоже не раз в задумчивости перебирали алмазы, упиваясь радугой их игры. Но в сиянии драгоценных камней им чудился не блеск роскоши. Их взор в сверкающей глубине алмаза искал призрак совсем иного вещества, схожего с углем. Рядом с блистательным камнем им мерещились бархатно-черные глубины ничем не примечательного материала — графита.

Алмаз и... графит? — спросите вы. Переливающийся всеми цветами радуги драгоценный камень и скромный графит? Что между ними общего, почему всплывали они вместе в мыслях ученых? Что может быть более противоположно, чем эти воплощения света и мрака! Один материал щедро излучает свет, искрясь и переливаясь изумительными оттенками.

Другой — жадно поглощает все лучи, скрывая их в своей угольной глубине.

Но ученые знали: как это ни парадоксально, в этих двух столь различных материалах скрыто глубокое единство. Алмаз и графит, несмотря на то, что один — прозрачный, другой — черный, один — самый твердый в природе материал, другой — странно мягкий, несмотря на столь различный вид и свойства, фактически одно и то же. Это всем знакомый углерод.

«ТРУБКИ ВЗРЫВА»

...Да, ученые давно поняли, что и графит и алмаз природа лепит из одних и тех же атомов углерода. Они знали, что простым нагреванием можно легко превратить алмаз в графит.

Вот эта-то легкость и заставляла многих думать о простоте обратного превращения. Но увы!.. Никакие усилия не помогали. Как ни нагревали графит, как ни сжимали его — алмаза из него не получалось.

И как это только удается делать природе, вздыхали неудачники. И что только происходит в подземных мастерских, где изготавливаются почти все материалы, которыми пользуются люди?

Об этом можно было размышлять, спорить, гадать, но проверить свои догадки до сих пор невозможно. И в этом сказывается парадокс нашего времени: человек полетел в космос намного раньше, чем смог проникнуть в глубь Земли хотя бы на десяток километров.

Однако люди научились воспроизводить процессы, происходящие на звездах, гораздо раньше, чем приблизились к ним. Ядерные реакции уже скопированы на Земле в миниатюре.

Поиски путей получения искусственных алмазов приводили к попыткам создать в лабораториях условия, царящие в недрах Земли, к попыткам овладеть одной из важнейших сил природы — высоким давлением.

...Через тайгу и болота, вдоль бурных рек и отрогов гор вел охотников за алмазами красный след пиропов — верный признак близости алмазоносных пород. А где-то недалеко — опытные исследователи это твердо знают — выходят на поверхность и сами кимберлиты — голубоватые алмазоносные породы. Когда-то впервые эти породы были обнаружены в Южной Африке близ города Кимберли. Этот город и дал свое имя драгоценной породе.

Как оказалось, кимберлит образует своеобразные «трубки взрыва» в других породах. Они похожи на гигантские колодцы, только заполнены не водой, а драгоценной алмазоносной породой. До сих пор неизвестна глубина этих колодцев, но иногда исследователям удается проследить их на протяжении многих километров.

Размышляя над загадкой глубинных взрывов, рождающих драгоценные зерна алмазов, ученые пришли к любопытному выводу. Что, если алмазы образовались из углерода, растворенного в расплавленном кимберлите? В условиях высоких температур и очень высоких давлений он вполне мог кристаллизоваться в виде алмаза. А затем в результате прорыва этих пород алмазы были подняты на земную поверхность. Такие алмазоносные трубки и были некогда найдены в Южной Африке, Америке, Австралии. Такова и знаменитая трубка «Мир», найденная у нас в Сибири.

Вот почему все охотники за искусственными алмазами прежде всего использовали испытанный метод — взрыв.

Исключение составлял, пожалуй, лишь один из исследователей — француз Муассан. Он знал, что алмазы находили в метеоритах — обломках далеких звездных миров. Слышал он и о том, что алмазы встречались не во всех метеоритах, а только в тех, которые состояли из почти чистого железа. Вот Муассан и решил попытаться сделать искусственные алмазоносные метеориты. Он расплавил железо, бросил в него несколько кусков угля и через некоторое время быстро охладил это варево водой. Представьте

себе, Муассан объявил, что добился успеха! По его словам, ему удалось таким путем получить искусственные алмазы. Но опять-таки странное дело: сколько ни бились другие ученые, повторить опыт Муассана им не удавалось. Вернее, опыт-то они повторяли, и даже очень тщательно, только алмазы при этом не получались.

Как ни мудрили охотники за искусственными алмазами, обогатиться на этом поприще им так и не удалось. Результаты опытов были ничтожны. В лучшем случае это были дешевые блестящие камешки. Но чаще всего трудоемкие эксперименты дарили лишь золу и пепел. Сколько же было истрачено зря полезных и ценных материалов!

Впрочем, совсем не зря. Бесценными для науки оказались сами опыты. Они помогли родиться физике сверхвысоких давлений.

ОТ ОХЛАЖДЕНИЯ К СЖАТИЮ

В тридцатых годах нашего столетия физики и химики начали уделять особое внимание изучению веществ при очень низких температурах.

Казалось крайне заманчивым заглянуть внутрь вещества, скованного морозом, когда его обычно подвижные, «полные жизни» атомы как бы впадают в зимнюю спячку. Тогда они меньше взаимодействуют между собой, их легче «рассмотреть», удобнее изучить.

Ученые, которые выбрали своей специальностью физику низких температур, занимали в науке особое место. Они, пожалуй, несколько напоминали... охотников за тайнами морского дна. Исследователь подводного мира не станет спускаться на дно в сильную волну. Ему будут мешать песок, ил, обрывки водорослей, замутившие воду. Нет, для знакомства с жизнью моря он выберет тихий день, когда вода прозрачна и ясно видно каждое движение подводных растений, легко наблюдать повадки крупных рыб и даже маленьких рачков, креветок и мальков.

Для охотников за тайнами, скрытыми в глубинах вещества, тоже важна «погода» в этом своеобразном мире. Чем выше температура, тем оживленнее ведут себя атомы и молекулы, из которых состоит тело. И в этом интенсивном общем движении частичек материи теряются, скрываются от глаз наблюдателя особенности жизни каждой отдельной частички. А ведь от них зависят поведение и особенности всего вещества в целом.

Вот почему ученые прибегли к охлаждению веществ. Они правильно предположили, что при этом станут более доступными тонкие эффекты поведения отдельных частичек.

Первая лаборатория по изучению низких температур в Советском Союзе была открыта в Харькове. Она стала центром притяжения многих талантливых молодых физиков. Среди них был и Леонид Федорович Верещагин, ныне действительный член Академии наук.

— Основной трудностью, с которой столкнулся коллектив лаборатории, — вспоминает Леонид Федорович, — была проблема глубокого охлаждения. Нас особенно интересовала, конечно, самая низкая в природе температура или хотя бы близкая к ней. А это минус 273 градуса Цельсия, или абсолютный нуль по шкале Кельвина. Получить такую температуру очень трудно. Для этого надо строить громоздкие машины искусственного климата, в которых можно было бы создать более чем арктический мороз. И вот однажды у нас появилась идея. Тело при охлаждении уменьшается в объеме. А при очень низкой температуре вещества сжимаются особенно сильно. Холод поступает с ними точь-в-точь как высокое давление. Вот мы и подумали: охладить вещество сложно и трудно. Так не удобнее ли заменить охлаждение сжатием?

И Леонид Федорович рассказывает об одном из самых первых опытов.

В сосуде — кислород. Его не видно — это бесцветный газ. Но вот сосуд ставят в установку искусственного климата. Сильно охлажденный кисло-

род превращается в бледно-голубую жидкость. Скорость хаотического движения молекул уменьшается, газ как бы застывает. Если сосуд встряхнуть, будет полное впечатление, что в нем подкрашенная вода.

Годами для получения жидкого кислорода и других газов ученые пользовались специальной сложной аппаратурой.

Но вот однажды, вместо того чтобы поместить кислород в машину искусственного климата, его сжали поршнем. Сначала газ оставался бесцветным. Тогда его сжали еще сильнее. Кислород начал голубеть, послушно превращаясь в жидкость.

Первые же опыты применения высокого давления вместо низкой температуры для изучения строения вещества убедили в огромных перспективах нового метода.

Верещагин страстно увлекся новой областью физики. Где только можно, он заменял охлаждение сжатием. Одно за другим он исследовал новым методом самые различные вещества: жидкости, газы, твердые тела. Об опытах молодого физика заговорили. Его попросили доложить о своей работе в Москве.

Доклад харьковчанина услышал академик Зелинский и просто «заболел» высоким давлением. Это был удивительный человек, его недаром считали классиком органической химии. Широко образованный, влюбленный в науку, он чутко прислушивался к веянию времени. Маститый химик считал, что для изучения веществ необходимо сочетать физические и химические методы, что введение физических методов исследования и воздействия на вещество послужит ключом к развитию химии будущего. Конечно, любил говорить он, вовсе не обязательно химикам становиться физиками, а физикам химиками. Но они должны дополнять друг друга, действовать согласованно на трудных дорогах, ведущих в мир атомов и молекул.

Зелинский создал в руководимом им тогда Институте органической химии Академии наук СССР лабо-

раторию сверхвысоких давлений, возглавить которую пригласил молодого харьковского ученого. Так была создана первая в Союзе лаборатория сверхвысоких давлений, которая превратилась в 1954 году, уже после смерти академика, в самостоятельную организацию, а с лета 1958 года в Институт физики сверхвысоких давлений Академии наук СССР.

ГОРЯЧИЙ ЛЕД

Когда ученые заглянули в глубь вещества, сжатого со всех сторон высоким давлением, им открылся мир удивительных превращений. На их глазах знакомые вещества исчезали и появлялись новые, с иными свойствами и характерами.

Исследователи сдавили желтый фосфор, и он превратился в черное вещество с новыми физическими свойствами. Оно имело металлический блеск и с несвойственной желтому фосфору резвостью и охотой проводило электрический ток.

Однако химический анализ показал, что черное вещество состоит из тех же самых атомов фосфора, что и желтое. В результате сжатия родился новый, черный фосфор.

Ученые сжали лед и с удивлением обнаружили, что знакомый нам лед — только лишь одна из семи его разновидностей! Один из видов, сжатый высоким давлением, мог плавиться даже на морозе. А другой, стиснутый сорока тысячами атмосфер, невозможно было растопить даже в кипятке!

Так что выражение «холодный как лед» не очень-то отражает положение дел в природе. Кроме льда холодного, как это ни странно, равноправно существует и горячий.

Но особенно изумились исследователи, когда высокое давление превратило серое олово — полупроводник в белое — металл! А когда то же случилось и с теллуром, стало ясно, что это превращение не случайность, а какая-то пока скрытая закономерность.

Началась полоса неожиданностей. Ряд металлов под высоким давлением повел себя более чем странно. Некоторые из них вдруг становились хрупкими, как стекло, или мягкими, как резина, или, наоборот, твердыми, как алмаз. Кусок калия, например, сжатый до 100 тысяч атмосфер, уменьшился в размерах чуть ли не втрое, а рубидия — вдвое.

В обычных условиях цезий податливее алмаза в сотни раз. Образец из цезия можно уменьшить в размерах раз в триста по сравнению с этим кристаллом. Но при 30 тысячах атмосфер цезий вдруг становится таким крепким, что уступает алмазу очень немногим. Податливость его уменьшается в тысячи раз.

При давлении в 100 тысяч атмосфер легче всего сжимается металл барий, но и он немногим уступчивее алмаза, всего раз в десять.

Чем выше было давление, достигнутое при исследовании, чем сильнее сжималось вещество и чем теснее становилось в нем атомам, тем большим становилось число новых, неожиданных явлений.

БЕЛЫЕ КАРЛИКИ

Особенно загадочным казалось то, что с ростом давления поведение самых различных элементов становилось все более схожим.

В чем же разгадка этого необыкновенного явления? — недоумевали исследователи. Как это давление уравнивает самые несхожие вещества? Полупроводники делает металлами, мягкие металлы равняет по крепости с алмазом?

Чтобы разобраться в этом, ученые просветили исследуемые вещества рентгеновыми лучами, как просвечивает врач организм больного.

При помощи рентгеновых лучей ученые воочию убедились в необыкновенной силе воздействия высокого давления. Оно способно насильственно приблизить друг к другу атомы вещества, способно сдавить их так, что исчезнут все свободные участки между

ними. Такие условия существуют только в звездах. На Земле ученые не добились таких результатов. При космических давлениях молекула превращается в плотно сжатый комок атомов. При давлениях в десятки и сотни миллионов атмосфер начинается переход к так называемому «раздавленному атому».

Кто не слышал о диковинных «белых карликах» — звездах, сжатых силами тяготения до такой степени, что большинство атомных ядер, оголенных, освобожденных от электронных оболочек, как бы слипаются в один гигантский комок. Наперсток такого вещества весит столько, что его не увезет ни один локомотив.

Но ученые уверяют, что и это не предел сжатия материи. Возможно так спрессовать ее, что будут деформироваться даже ядра атомов. Ядерные частицы — нейтроны и протоны, сминая оболочки соседних частиц, вдавливаются в них, ломая и переделывая их структуру. Из такой обнаженной материи должны состоять гиперонные звезды, если они существуют. В таком состоянии материи оголены и прижаты друг к другу даже еще не изученные ядрышки протонов и нейтронов. И наперсток такого вещества весил бы десятки миллиардов тонн.

В последнее время возникла удивительная гипотеза относительно поведения материи в столь сильно спрессованных звездах. Научный сотрудник Физического института Академии наук СССР Д. Киржниц путем математических расчетов пришел к выводу, что при звездных температурах в миллионы градусов спрессованное вещество, из которого состоят звезды, представляет собою вовсе не раскаленный газ, а... кристалл.

Это предположение кажется просто парадоксальным. Ведь при звездных температурах атомы движутся с огромной скоростью. Их скорость — около 100 километров в секунду (а это ведь в 10 раз превышает скорость космической ракеты) — не позволяет атомам остановиться, удержаться на месте. Так

как же они могут связаться в кристалл? Какие силы могут упорядочить, приостановить стремительное движение атомов?

Д. Киржниц, проанализировав полученные уравнения, доказал, что сверхвысокое давление, существующее в центрах звезд, буквально делает чудеса. При сверхвысоких плотностях вещества появляются силы, способные «остановить» атомы, способные выстроить их в порядок, характерный для кристаллического твердого тела.

Именно в центрах «белых карликов» и существуют подходящие для кристаллизации колоссальные сжатия, и поэтому, по мнению ученого, их раскаленная сердцевина — это кристалл. Гипотеза Д. Киржница ставит перед учеными пока неразрешимые вопросы о непостижимом поведении материи под действием колоссальных давлений.

Это происходит при почти крайних давлениях, существующих в природе. Что же удивительного в том, что даже при давлениях, достижимых в лабораториях и не превышающих пока сотни тысяч атмосфер, поведение вещества не похоже на обычное.

КАК СОЛДАТЫ В СТРОЮ

Особенно удивило ученых поведение твердых кристаллических тел, сжатых высоким давлением. Если сжатый газ превращается в жидкость, а жидкость в твердое тело, то как же действует высокое давление на кристаллическую решетку? — не раз задавали себе этот вопрос физики. Просветив одно из кристаллических тел, хлористый рубидий, рентгеновыми лучами, они увидели необычайно любопытную картину.

Хлористый рубидий — одно из распространенных неорганических соединений, по свойствам напоминающее поваренную соль. Атомы хлора и рубидия расположены в его молекуле удивительно конструктивно, словно пчелиные соты. Представить себе эти построения очень просто.

Нарисуйте куб. На пересечении его ребер, в углах, а также в середине граней нарисуйте по одному маленькому кружочку. Эти места занимают атомы рубидия. В середине ребер и в самом центре куба поместите кружочки поменьше. Это атомы хлора. Такая картина соответствует расположению атомов в кристаллической решетке хлористого рубидия при атмосферном давлении. Как говорят кристаллографы, атомы хлора и рубидия образуют кубическую решетку с центрированными гранями.

Теперь представьте себе, что на этот крошечный кубик обрушивается молот и сжимает его с силою 5 тысяч атмосфер.

Конечно, вы не сомневаетесь, что кубик смят, уничтожен, от него не осталось даже «мокрого места»! Однако...

...В минувших веках полководцы, готовясь к бою, расставляли армию в строгом порядке, придавая строю наиболее маневренную и боеспособную форму. И атомы в твердом теле, будто солдаты в строю, занимают каждый свое определенное место, создавая причудливый узор кристаллической решетки. Оказывается, эти ажурные построения атомов твердого тела необыкновенно прочны. Даже под очень высоким давлением солдаты-атомы не разбегаются. Под напором противника они дисциплинированно перегруппировываются в более плотные построения, занимая еще более организованную обороноспособную позицию!

Именно это и случилось с атомами в молекуле хлористого рубидия, которые мы подвергли жестокому испытанию. Сжатые чудовищным давлением, они внезапно перестроились и заняли новое положение, более экономичное с точки зрения занимаемого объема. Они образовали новую решетку, тоже кубическую, но в отличие от первой в ней уже нет атомов в центре каждой из граней. Зато в центре каждого куба, образованного восемью атомами рубидия, появилось по дополнительному атому рубидия. Этот тип структуры называется объемно-центрированной решеткой. Точно такие же объемно-центрированные

кубы образуют при этом атомы хлора. При таком расположении атомов в кристалле меньше свободного места. Давление упаковало атомы вещества более экономно.

Можно сказать, что давление ловко использовало возможность, которую создают люди, когда хотят сэкономить место при упаковке громоздких предметов. Чтобы перевезти с одного места на другое механизмы, приборы или мебель, мы часто разбираем их на отдельные детали. При этом можно достичь более плотной упаковки.

Давление тоже воспользовалось тем обстоятельством, что атом, эта ажурная конструкция, очень неэкономичен с точки зрения упаковщика. Образно говоря, в атоме так же много свободного места, не занятого ядром и электронами, как в стакане, в котором летает лишь несколько пылинок. Вот давление и разобрало неэкономную конструкцию и сложило из ее деталей более совершенную и стойкую.

ЦЕЛЬ ДОСТИГНУТА

Рентгеновы лучи, позволившие расшифровать структуру кристаллической решетки хлористого рубидия и других веществ, открыли и тайну алмаза. Они показали, наконец, в чем состоит отличие алмаза от графита.

Оказалось, в графите атомы углерода образуют плоские слои, в каждом из которых атомы расположены в вершинах правильных шестиугольников, напоминающих бетонные плиты, которыми покрывают взлетные полосы современных аэродромов. Атомы, лежащие в соседних слоях, связаны между собой слабо.

В алмазе атомы углерода образуют пространственную решетку, в которой атомы сильно связаны между собой во всех направлениях.

Ученые убедились, что перегруппировка атомов углерода в более стойкую формацию и рождает алмаз.

Работа закипела с новой силой. Так, значит, строили планы охотники за алмазами, нужно изменить расположение атомов в графите и сделать его таким же, как в алмазе. Вот и все! Для этого надо расшатывать атомы в кристаллической решетке графита высоким давлением до тех пор, пока они не перескочат на свои новые места.

Поиски путей получения искусственных бриллиантов продолжались. Известный американский физик П. В. Бриджмен решил подвергнуть графит очень высокому давлению. Он довел давление до грандиозной в земных условиях величины — до 400 тысяч атмосфер. Но он совершил ошибку — проводил опыты при комнатной температуре, и они не дали желаемого результата.

Советский ученый О. И. Лейпунский путем теоретических изысканий подтвердил, что графит можно превратить в алмаз только при одновременном действии высокого давления и высокой температуры. По его подсчетам, температура должна быть не меньше 2 тысяч градусов Кельвина, а давление не ниже 60 тысяч атмосфер.

И вот трое зарубежных ученых: Гунтер, Гезелле и Ребентиш нагревают графит до температуры в 3 тысячи градусов Кельвина, затем сжимают его под давлением в 120 тысяч атмосфер, и... ничего не получается. По их мнению, опыт длился слишком малое время, и графит не успел перекристаллизоваться в алмаз.

Чем больше бились ученые над проблемой получения искусственных алмазов, тем больше приходили к мысли, что они никогда не были получены в лабораторных условиях. Тем более они не могли быть добыты в условиях, при которых проходили опыты Хэннея и Муассана. Однако исследования продолжались.

Особенно активно поиски путей получения искусственных алмазов велись в США. Ведь там нет таких природных алмазных россыпей, какие есть у нас, в Южной Африке, Индии, Бразилии. В США алмазы ввозились из-за границы и стоили недешево.

Потребность же промышленности в алмазах очень велика.

Алмазные сверла, резцы, фрезы для бурения самых крепких пород, инструмент для правки шлифовальных кругов, наконечники к приборам измерения твердости и чистоты поверхности, пилы для резки гранита и мрамора, подшипники для особо точных приборов и морских хронометров — вот далеко не полный перечень применения алмазов в технике. Это ставило алмазы на одно из первых мест в списке стратегического сырья США. Начиная с 1941 года поиски искусственных алмазов считались одним из центральных научных направлений.

Более четырех лет группа ученых: Бенди, Холл, Стронг и Вентроп, работавших в «Дженерал электрик компани», трудилась над созданием аппаратуры, в которой можно было бы в течение 6—8 часов поддерживать давление в 100 тысяч атмосфер и температуру в 2300 градусов Кельвина.

И они добились успеха.

В результате действия трех факторов: давления, температуры и времени — удалось получить искусственные алмазы величиной в четверть карата с линейными размерами до одного и более миллиметров. Рентгеновский анализ подтвердил полную тождественность этих алмазов с естественными.

Более ста раз опыты получения искусственных алмазов были повторены, и каждый раз с положительным результатом.

Прошло немного времени, и искусственные алмазы были получены советскими и шведскими учеными.

Первая партия советских искусственных бриллиантов была выпущена Украинским научно-исследовательским институтом синтетических сверхтвердых материалов и инструментов в подарок XXII съезду КПСС.

Создать в лаборатории такие условия, при которых этот процесс идет в недрах Земли, — большая победа человека.

Правда, искусственные алмазы желтого цвета. С ювелирной точки зрения это снижает их ценность.

Но зато они заметно тверже естественных. Абразивные круги из синтетических алмазов по своей работоспособности на 30—60 процентов выше, чем из природных. Инструмент из искусственного алмазного порошка очень прочен. А это особенно ценно для технических целей.

Стоимость этих алмазов пока высока. Но сам факт их искусственного получения бесценен для науки.

ТВЕРЖЕ АЛМАЗА

Еще не улеглось волнение в связи с этим техническим достижением, как к желтым кристалликам алмаза ученые добавили еще черные и темно-красные искусственные кристаллы. Но это уже были не алмазы, а полученные аналогичным путем образцы нового материала. Он так же, как и алмаз, имел кристаллическую решетку в виде куба, но состоял не из атомов углерода, а из атомов бора и азота. Новое вещество назвали боразоном Природа его не знает.

Боразон еще тверже алмаза. Он не только оставляет царапины на алмазе, но и более устойчив к действию высокой температуры. Тогда как алмаз сгорает уже при 1060 градусах, боразон и при 2500 градусах полностью сохраняет все свои замечательные свойства и работает так же хорошо, как при комнатной температуре. Боразон устойчив и к окислению.

Пока кристаллы боразона не крупнее зерен песка. Но, вероятно, уже не долго ждать, когда промышленность получит новые стойкие резцы, фрезы и другой режущий инструмент из искусственных кристаллов боразона.

Ученые считают, что боразон и алмаз — это первые звенья в целой цепи материалов с подобными свойствами и их получение — дело наших дней. Получение искусственных материалов, подобных боразону, — величайшее торжество метода научного предвидения. Это открывает развитию техники небывалые горизонты. Если до сих пор люди использовали лишь

те материалы, которые предоставляла им природа, или подражали ей, создавая в своих лабораториях искусственным путем известные уже вещества, то теперь они вступили на новый путь. Этот путь — изготовление неизвестных до сих пор материалов с наперед заданными свойствами, диктуемыми запросами науки и техники.

Можно назвать многие области техники, где ее прогресс задерживается из-за отсутствия подходящих материалов. И вот первый шаг уже сделан. Применение высокого давления помогло ученым разобраться в физических свойствах веществ, в поведении мельчайших кирпичиков-атомов, из которых они построены, и научило предвосхищать свойства тех материалов, которые возродятся из «пепла» разрушенных давлением исходных веществ. Теперь человек сможет сознательно управлять этим процессом, назначать будущему материалу нужные качества.

В поисках и ошибках, победах и заблуждениях рождалась новая область физики — физика высоких и сверхвысоких давлений. Новая область науки открыла перед техникой небывалые горизонты и позволила ученым соперничать с природой.

В нашей стране физика высоких давлений зародилась недавно, лишь в тридцатых годах, но теперь она уже добилась результатов, намного превосходящих по своему значению даже синтезирование искусственных минералов и драгоценных камней.

Советские ученые, решая алмазную проблему, увидели в ней совсем иную перспективу. По-настоящему их волновала другая сторона той же самой алмазной задачи, которая привела к гораздо более важным результатам.

Нечто многообещающее в алмазной проблеме советские ученые увидели еще тогда, когда физики всего мира ломали головы над труднейшей задачей: из какого материала изготовить печь, которая не разорвалась бы от внутреннего давления в 100 тысяч атмосфер и не сгорела бы от температуры в несколько тысяч градусов?

Все попытки создать такой аппарат долго терпели неудачу.

Прошло немало времени, пока ученые нашли решение, на первый взгляд странное, но оказавшееся единственно правильным.

ГОРШОК ДЛЯ КАШИ

В народе говорится: «Чтобы сварить кашу, нужен горшок».

Стекло, например, не сваришь в обычной печи. Для него строят специальные сооружения из огнеупорного кирпича, выдерживающего температуру в 1500 градусов, при которой варится расплавленная стекломасса.

Бессемеровские, доменные, мартеновские печи тоже покрываются изнутри слоем огнеупорного материала.

Но как сложить печь, которой были бы нипочем и огромнейшая температура и чудовищное давление? А без такой печи не получишь ни алмаз, ни другие подобные ему новые материалы.

Решить эту сложнейшую проблему ученым помогло... само давление.

Слышали ли вы о батавских слезках?

Эти изящные, затвердевшие в виде «запятых» капельки стекла когда-то пользовались большим спросом. На вид они такие хрупкие, маленькие головастики с тонким хвостиком. Кажется, дотронься, и они рассыплются. Но ничуть не бывало. Можно ударить молотком по их утолщенной части, а слезка останется невредимой.

Правда, и у них есть ахиллесова пята, слабое место. Стоит слегка поцарапать поверхность или отломить хвостик — и слезка вмиг рассыплется на множество осколков. Да с такой силой, что, если это случится в стакане с водой, он разлетится, как при взрыве.

В чем же здесь дело? Что это за чудесные стеклянные бомбочки? Оказывается, все обстоит очень

просто и никакого чуда здесь нет. Секрет — в способе изготовления этих слезок. Средневековые стеклодувы лили горячие капли жидкого стекла в бочку с водой. Это закаляло слезку сразу же при рождении. При быстром погружении в холодную воду поверхность стекла, охлаждаясь скорее, чем его внутренние области, сжималась и, как перчатка или броня, стягивала всю слезку, делая ее очень прочной. Лишь царапина могла нарушить целостность брони.

Как видите, стекло остается стеклом. Оно лишь обрело несвойственную ему крепость благодаря остроумной выдумке.

ДОВЕРЯТЬ ЛИ ПРИВЫЧКАМ?

Ученые, которые хотели работать с высокими давлениями и температурой, понимали, что они тоже, как стеклодувы, должны найти какой-то выход из положения. Найти простой и остроумный способ повысить прочность металлов.

Им надо было создать устройства, в которых существовали бы условия, царящие в недрах Земли.

Однако даже самые высокопрочные материалы, изготовляемые промышленностью, не в состоянии выдержать исключительно высоких напряжений, возникающих в стенках сосуда высокого давления, когда величина давления превосходит 30—50 тысяч атмосфер.

И наши ученые подумали: а правильно ли мы делаем, что так доверяем своим привычкам, так держимся за устоявшиеся понятия?

Конечно, все давно привыкли к тому, что одни материалы хрупки, другие же легко изгибаются, пластичны. Мрамор издавна считается материалом прочным, но хрупким, а сталь прочной и пластичной. Но ведь эти качества вовсе не навеки закреплены за этими материалами. И действительно, жизнь на каждом шагу опровергает устоявшиеся, но неверные понятия.

Однажды академик А. Ф. Иоффе, погрузив в воду пластинку каменной соли, обнаружил, что эту хрупкую пластинку можно свободно изгибать. Хрупкий кристалл неожиданно приобрел пластические свойства.

Незадолго до второй мировой войны американский ученый Бриджмен поместил в жидкость, находящуюся под давлением в 25—30 тысяч атмосфер, серый чугун, и этот известный своей хрупкостью материал также стал пластичным.

Образцы из бериллия, глинозема, известняка при таких опытах изгибались, не ломаясь, и проявляли исключительную пластичность.

Опыты со сталью тоже поразили ученых. Обычно при атмосферном давлении стальной образец разрушается, если его удлинить в два, три раза. При давлении же в 25 тысяч атмосфер этот образец можно было растянуть в 300 раз, и он не разрушался! Эти опыты повторялись с различными сортами стали. Результаты были различны, но характер одинаков; пластичность и прочность стали резко повышались.

Это в корне ломало устоявшиеся веками представления. Что ж, подумали ученые, в конце концов такие понятия сложились при наблюдении материалов при обычном атмосферном давлении. Где-нибудь на дне океана под большим давлением они, наверно, приобрели бы совсем иные свойства.

Это была только мысль, только предположение, идея, которая требовала экспериментов и длительного изучения. Пока это было только предчувствие, которое привело в конце концов к важнейшей технической победе.

ДВЕ СТОРОНЫ МЕДАЛИ

Шла вторая мировая война. Рассказывая о работах американских ученых, Бриджмен вспоминает, что они в то время полностью переключились на решение военных задач. Артиллеристов волновала про-

блема упрочения брони танков. Это близко касалось проводимых Бриджменом исследований прочностных и пластических свойств материалов под давлением. Поэтому военное министерство с радостью финансировало такие работы.

Оно настоятельно рекомендовало Бриджмену заняться углубленным изучением проблемы прочности броневых плит. Так он вернулся к своим случайным довоенным опытам и решил выяснить секрет упрочения металлов, погруженных в жидкость.

Проблема прочности волновала многих других ученых.

Давно было замечено, что на практике прочность металлов почему-то всегда ниже, чем это предсказывалось теорией. Практически прочность на разрыв бывала в сотни, а иной раз и в тысячи раз меньше, чем следовало из расчетов. Почему же в вопросах прочности теория так сильно отличается от практики? Чем объясняется это досадное обстоятельство? Теоретики мучили этим вопросом практиков, а практики донимали теоретиков.

Ответ оказался простым. Конечно, на первый взгляд. В обычных металлах каждый сотый атом кристаллической решетки, можно сказать, сидит не на месте. И это, оказывается, подрывает крепость металла! Странно, не правда ли? Разве может разрушить здание выхваченная из него ветром песчинка или выпавший кирпич? Даже знаменитый египетский сфинкс вблизи Каира и тот уж сколько столетий стоит и не падает, хотя потрепало его немало дождей и ветров.

Но дефекты в куске металла не остаются неподвижными. Они блуждают, перемещаются, объединяются как им заблагорассудится. И при этом образуются микротрещины и другие нарушения структуры металла. Трещины под действием нагрузки разрастаются, становясь очагами разрушения.

И вот эти ничтожные дефекты делают современные материалы в десятки тысяч раз слабее, чем они должны быть!

— Вот почему броня так непрочна и уязвима для снарядов! — сокрушались ученые. — Вот почему так невелика прочность современных приборов и конструкций. Вот почему там, где теоретические расчеты позволяют обходиться проволочкой, конструкторы вынуждены применить трос. Вместо тонкого листа должны класть толстую плиту. Вместо ажурной конструкции ставить тяжелую форму! Сколько тратится лишних материалов, как усложняется конструкция современных станков и машин!

Так потребности военного времени форсировали работы ученых по изучению влияния давления на прочность сталей, которые в конце концов привели... к получению искусственных алмазов.

В то же время потребности строительства и промышленности форсировали работы советских ученых, которые привели не только к созданию искусственных алмазов, но к победе гораздо более значительной.

СТОЙКОСТЬ ХЛЕБНОГО МЯКИША

Открыв благотворное влияние жидкости на свойства металлов, ученые сделали аппарат для получения сверхвысокого давления из самых обычных материалов, зато поместили его в... жидкость. Да, в жидкость, которая, в свою очередь, была сжата давлением в 20—30 тысяч атмосфер. Не правда ли, удивительно?

Чтобы стена покосившегося дома не обрушилась, ее подпирают балками. Подобно этому, стенки прибора как бы поддерживаются со всех сторон жидкостью. Получается, что изнутри на стенки давит 100 тысяч, а снаружи 30 тысяч атмосфер. Значит, фактически стенки находятся под избыточным внутренним давлением 70 тысяч атмосфер. Конечно, это чудовищно много. Но прибор не разрушался. Почему же он приобрел такую замечательную прочность?

Оказалось, что под высоким давлением в металлах происходят своеобразные уплотнения. Трещины и ра-

ковины исчезают, поры затягиваются, разрывы сглаживаются точно так же, как в хорошо обкатанном хлебном шарике. Металл в таких условиях «здоровеет» и возрождается.

Более того, вода залечивает не только внутренние поражения металла. Она «зализывает» поверхностные раны и трещины, что также существенно упрочняет металл. Этим и объяснялись пластичность каменной соли в опытах Иоффе и удивительные результаты опытов Бриджмена.

Вот на эти-то обстоятельства и обратили особое внимание советские ученые. Они поняли, что в улучшении свойств металлов в жидкости не только ключ к получению искусственных алмазов, но, что гораздо важнее, ключ ко второму рождению металлов. Это открывает небывалые возможности для техники будущего.

Ученые поняли, что обыкновенные материалы можно поставить в такие условия, при которых они, как батавские слезки, приобретают несвойственную при обычных условиях прочность.

Академик Верещагин рассказывает:

— Когда стало ясно, какие изменения происходят в материалах при погружении их в жидкость, находящуюся под высоким давлением, мы начали мечтать сразу о многих вещах. Какие замечательные возможности для нашей промышленности кроются в этом улучшении механических свойств металлов и сплавов! Нельзя ли, подумали мы, создать для металлургических заводов прокатные станы, целиком погруженные в жидкость, находящуюся под высоким давлением? При прокатке металлических листов на таких станах будет получен металл повышенной прочности, а это значит, что существенно расширятся возможности конструирования машин, приборов, аппаратов. При равной прочности уменьшится вес изделия, будут экономиться огромные массы металлов.

И коллектив нашей лаборатории создал такую установку. Этот прокатный стан находится в огромном резервуаре, заполненном жидкостью под вы-

соким давлением. Работает он, конечно, без участия человека. Оператор находится в специальной комнате и следит за показаниями контрольных приборов.

Советские ученые решили заставить воду не только обрабатывать металлические листы, но и изготавливать из металлов различные сверхпрочные детали и проволоку.

Если вы бывали на металлургических заводах, то, наверно, видели, как вытягивают проволоку. Шурша и позванивая, разматывается огромная катушка, на которую намотана проволока. Эта катушка больше привычной катушки с нитками во столько же раз, во сколько дом больше собачьей конуры.

Разматываясь с одной катушки, проволока наматывается на другую. И так несколько раз. Но это, конечно, не бессмысленное перематывание. Перематываясь с катушки на катушку, проволока проходит через отверстие фильера — металлического шаблона. С одной стороны фильер имеет большее отверстие, с другой — меньшее. Проходя через сужающийся канал фильера, проволока сжимается и после каждого фильера делается все тоньше. Так, пропуская проволоку через несколько фильеров, ее доводят до нужного диаметра. Это один из распространенных в промышленности способов получения проволоки. Его называют волочением. При таком процессе проволока становится настолько плотной и твердой, что легко ломается; настолько хрупкой, что ее практически невозможно использовать. Для того чтобы проволока стала мягче, пластичнее, ее нагревают. Это неразумно, так как при нагревании проволока теряет прочность, приобретенную при волочении.

В Институте сверхвысоких давлений создана установка для получения прочной и в то же время пластичной проволоки. В этой установке проволока выдавливается через небольшое отверстие в жидкость, сжатую до 8 тысяч атмосфер. Проволока, полученная таким способом, уже не нуждается в отжиге — она и так прочна и пластична. Она вдвое прочнее проволоки, полученной волочением. При помощи той

же установки можно получать не только проволоку, но и шестерни, трубы, фасонные детали. Для этого надо лишь сменить рабочий наконечник установки.

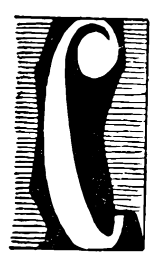
Как видите, наши ученые остроумно повернули алмазную проблему. Они научились обыкновенным материалам придавать несвойственную им высокую прочность. И с их помощью не только получили искусственные кристаллы, но создали новую технологию металлов, несущую революцию в технику будущего.

ПО СЛЕДАМ ОЛОВЯННОЙ ЧУМЫ

Мы должны знать —
мы будем знать.

ДАВИД ГИЛЬБЕРТ

КТО ЗЛОУМЫШЛЕННИК?



транный случай, происшедший на одном из складов военной амуниции в Петербурге полтора столетия тому назад, можно, пожалуй, считать началом этой истории.

Как и всякий военный склад, этот тоже тщательно охранялся. Тем не менее партия новеньких солдатских шинелей с победоносно поблескивающими оловянными пуговицами была приведена в негодность и представляла печальное зрелище. Шинели были перепачканы каким-то серым, неприятным веществом, а пуговицы исчезли.

Виновник загадочного происшествия так и не был найден, хотя занимались этим вопросом не только следователи, но и Петербургская академия наук. Злодейству оловянной чумы было посвящено не одно ее заседание. Тайна олова долго не давала спать седовласым ученым и чуть не подорвала престиж тогдашней науки.

А затем последовал еще ряд событий, казалось, не связанных между собой.

В начале нашего века, отмеченного целым рядом героических попыток дорисовать карту Земли, к берегам Антарктиды направились экспедиционные корабли Роберта Скотта. Они подходили все ближе

и ближе к таинственной земле. Людям становилось все труднее дышать и двигаться. Начались приготовления к высадке, как вдруг путешествие оборвалось самым неожиданным образом. Случилось то, что никогда еще не случалось ни с одним кораблем в мире: развалились баки с горючим. Со швов сыпалась, как штукатурка, оловянная пайка.

Слух об этом происшествии тоже достиг высоких ученых собраний и стал предметом ожесточенных споров, предположений, догадок. Но объяснение в то время так и не было найдено.

Оловянная чума сеяла панику. Она разгуливала по складам, и вместо аккуратных брусочков белого олова в них находили груды грязновато-серого порошкообразного вещества, неведомо откуда взявшегося.

Однако инфекция была разборчива. Она посещала не все склады, а выбирала лишь те, которые сооружались зимой, наспех. Оловянная чума как бы подстерегала момент, когда олово выгружалось на холоде, и набрасывалась на металл.

Странное дело, во всех этих случаях пострадавшим, с которым происходили непонятные метаморфозы, было олово. Но все это было явно не подвластно знаменитым сыщикам из романов с их увлекательными индуктивными и дедуктивными методами, успешно ведущими читателя по пути разгадки.

Тайной оловянной чумы всерьез занялись ученые. Это было не менее увлекательно, чем чтение детективных романов.

ОТКРЫТЫЙ НА СОЛНЦЕ

До 1868 года его не видел ни один человек. Никто его не знал и о нем ничего не слышал.

Впервые его присутствие было обнаружено на Солнце. Он оставил ярко-желтые следы в солнечном спектре. Их нашли сразу два астронома — француз П. Жансен, которому пришлось для этого совершить

путешествие в Индию, и англичанин Н. Локьер, и не думавший покидать Лондон.

Каждый из них тотчас сообщил о необыкновенных следах в Парижскую академию наук. И письма эти пришли в один и тот же день, что немало позабавило академиков. В честь этого удивительного события они даже заказали золотую медаль. Ее украсили портреты Жансена, Локьера и бога Солнца Аполлона, восседающего на колеснице.

Вещество, найденное на Солнце, Локьер назвал именем Солнца — «гелий».

Гелий увидели на расстояний в 150 миллионов километров от Земли, и он еще долго никого не подпускал к себе на более близкое расстояние. Но прошло 25 лет, и английскому ученому Рэлею удалось запереть его в колбу в собственной лаборатории. Однако ученый вначале даже не подозревал, кто его пленник.

Просто Рэлей хотел восполнить пробел, существовавший в «статистическом ведомстве» химии. Он решил точно измерить удельный вес всех известных химикам газов. Надо было положить конец неразберихе, которая возникла из-за грубых, приближенных измерений.

Рэлей взял самые точные весы и без помех, не торопясь тщательно взвесил водород, потом кислород и занялся азотом, добыв его из воздуха. Веса газов он определил очень точно, вплоть до четвертого знака после запятой. И был вполне доволен своей работой. Но чтобы еще раз убедиться в правильности измерений, Рэлей стал снова мерить веса тех же газов, но добытых другим способом.

Так он проверил удельный вес водорода, кислорода и снова занялся азотом. Но на этот раз добыл его не из воздуха, а из аммиака.

И тут работа застопорилась. Литр азота, добытого из аммиака, почему-то был легче, чем литр азота из воздуха! Меньше на пустяк, не хватало каких-то 6 миллиграммов. Но тем не менее эта разница заставила Рэлея потрудиться. Сколько ни повторял он взвешивание, литр азота не тянул на положенный

вес. Ничтожный, блошиный вес не давал исследователю сдвинуться с места.

Рэлей был не таким ученым, который может отмахнуться от факта.

Он начал добывать азот из самых различных химических соединений и каждый раз заново его взвешивать. И удивительно — веса всех азотов совпадали с весом азота, добытого из аммиака, но не из воздуха. Воздушный азот был самым тяжелым!

В это на первый взгляд ничтожное дело включился еще один известный ученый — Рамзай, у которого, надо думать, были дела и поважнее. Но и он не мог оставить такой факт без внимания. Рамзай тоже стал взвешивать азот.

Как одержимые Рэлей и Рамзай перегоняли газы из одной колбы в другую, очищали, взвешивали... Им было недосуг ни пообедать, ни поговорить. Они не выходили из своих лабораторий, а вечерами обменивались письмами.

И вот оба разными путями пришли к одному и тому же выводу: выделенный из воздуха азот не является азотом. Вернее, это не просто азот. К нему явно примешан другой, неизвестный газ. Но какой?

Потянулись месяцы опытов и раздумий. И в конце концов в пробирке с «чистым» азотом ученые нашли... солнечное вещество. Но прежде чем они настигли его, в «воздушном азоте» был обнаружен сначала аргон, затем криптон — дотоле неизвестные газы, — а потом уж и гелий.

К этому времени гелий был выделен и из минерала клевеита. Так солнечное вещество спустилось на Землю.

И на нашей планете его оказалось так много, что просто поразительно, почему же о нем ничего не знали химики. А узнав, почему так долго гонялись за ним?

Рамзай с присущим ему юмором сказал как-то:

— Поиски гелия напоминают мне поиски очков, которые старый профессор ищет на ковре, на

столе, под газетами и находит, наконец, у себя на носу.

Так люди впервые услышали о гелии, показания которого пролили впоследствии свет на тайну оловянной чумы.

ДВУЛИКИЙ ГАЗ

Гелий оказался газом без запаха и цвета, неспособным соединяться ни с каким другим элементом; самым легким элементом из семейства инертных газов. Казалось, это скромный труженик с покладистым характером; им наполняли дирижабли, применяли его и в металлургии и в медицине. Но, на первый взгляд ничем особенным не примечательный, газ имел и второе лицо.

Странности начались тотчас, как гелий охладили. Ученые привыкли к тому, что в таких случаях газы густеют и уплотняются, превращаясь сначала в жидкость, а потом замерзая в твердое кристаллическое тело.

Было хорошо известно, что кислород сжижается при минус 183 градусах Цельсия, азот при минус 196 градусах, водород около минус 253 градусов. Но гелий повел себя совершенно иначе.

Многие пробовали его охлаждать. Была уже пройдена «точка кислорода», и «точка азота», и «точка водорода», а гелий не собирался сжижаться. Он упорно оставался газом.

Только в 1908 году голландскому физику Г. Каммерлинг-Оннесу удалось сделать, казалось, невероятное: он заставил гелий превратиться в жидкость. И случилось это при температуре минус 269 градусов Цельсия! Такой низкой температуры человек не получал еще никогда.

При такой температуре все другие газы становились твердыми, как кусок льда. А гелий превращался в прозрачную жидкость, напоминающую газированную воду.

Но эта безобидная на вид жидкость была в семьдесят пять раз холоднее ледяной воды!

Кристаллизоваться же гелий не хотел даже вблизи абсолютного нуля — при минус 273 градусах Цельсия, самой низкой температуре, которая только возможна в природе. Этим он бросал вызов всей классической физике, провозглашавшей, что всякое движение при абсолютном нуле прекращается. Все должно замерзнуть! А поскольку гелий оставался жидким, значит его атомы все-таки двигались, они не подчинялись закону «вечного покоя».

Несмотря на то, что в 1926 году голландец В. Кеезом справился с гелием и заставил его затвердеть, призвав на помощь морозу высокое давление, зерно сомнения было посеяно. Гелий стал одним из свидетелей против классической физики. С помощью известных законов физика не могла объяснить его поведения.

Ученые еще не перестали удивляться странному поведению благородного газа, как новая сенсация завладела их вниманием. Каммерлинг-Оннес, заставив гелий обратиться в жидкость, решил полюбопытствовать, что будет в таком холоде, например, с ртутью. Каково же было его удивление, когда он обнаружил, что в таком климате, который создается в ванне с жидким гелием, электрическое сопротивление ртути исчезло! Легко представить себе, как он подозрительно поглядывал на прибор, регистрирующий эту величину; как, проверяя его работу, удостоверился, что прибор цел и невредим и все-таки продолжал констатировать исчезновение в ртути сопротивления электрическому току. А потом оказалось, что еще девятнадцать чистых металлов повели себя в области низких температур таким же неподобающим образом, нарушив покой ученых. Самое большое, что ученые тогда смогли сделать, — это дать явлению название «сверхпроводимость».

Вот к каким странным, не предусмотренным тогдашней наукой событиям привел желтый след гелия.

БЕЛАЯ ВОРОНА

И непонятные метаморфозы олова, и неблагородное поведение одного из благородных газов, и предательство девятнадцати металлов взбудоражили научную общественность. Что это: случайные, разрозненные явления, ничем между собой не связанные? Или это внешние проявления одной непонятной еще причины? Все это противоречило основным, казалось бы, незыблемым принципам науки.

Ученые оказались в куда более затруднительном положении, чем малыши перед кубиками, никак не складывающимися в картинку. Им предстояло отдельные, разрозненные явления поставить на свои места, но, увы, образца-картинки у них не было.

Между тем опыты с гелием все больше проявляли темные стороны его характера. Выяснилось, что в условиях неслыханного холода жидкий гелий начинал в миллиард раз быстрее проводить тепло. Казалось, тепло в нем распространяется без всякого сопротивления (не промелькнула ли сейчас тень девятнадцати металлов, без всякого сопротивления проводящих электрический ток?).

Гелий становился в миллион раз более подвижным и менее вязким. Капнув жидкий гелий на гладкую охлажденную поверхность, исследователи в изумлении наблюдали, как быстро растекается он в тончайшую пленочку. Как будто не испытывает никакого сопротивления со стороны поверхности!

Если проделать такой же опыт с любой другой жидкостью, ничего подобного не увидишь. Капля как бы застынет, чуть располнев.

И даже это было еще не самым удивительным.

Что, если бы вы увидели человека, бегущего вверх по отвесной стене? Это невозможно? Законы тяготения этого не допускают? Приблизительно то же подумали ученые, когда увидели, как жидкий гелий с необычайной быстротой ползет вверх по стенкам сосуда. Это невозможно, ужаснулись многие из них, а трение, а вязкость?!

И еще более изумились, услышав мнение совет-

ского ученого Петра Леонидовича Капицы: вязкости у жидкого гелия вблизи абсолютного нуля нет вовсе. Это сверхтекучая жидкость.

Так впервые в 1938 году мир услышал удивительное слово «сверхтекучесть».

Вывод П. Л. Капицы был результатом долгих и кропотливых экспериментов, итогом многих раздумий. Почему так молниеносно распространяется тепло внутри жидкого гелия? Как и обычно, его переносит сама жидкость. Ее слои перемешиваются и менее теплые нагреваются от более теплых. Так происходит всегда во всех жидкостях. Но в жидком гелии это происходит молниеносно. Как же так, ведь слои всегда трутся друг о друга, а это должно мешать быстрому перемешиванию. А если вязкость не препятствует? Значит, ее нет!

И Капица подтверждает свою догадку блестящим экспериментом. Он пропускает жидкий гелий сквозь мельчайшие щели — капилляры, через которые обычная вязкая жидкость если и проходит, то ей нужно затратить на это многие миллиарды лет. А гелий, охлажденный до 2 градусов выше абсолютного нуля, просочился буквально на глазах, получив «диплом» первой в истории науки сверхтекучей жидкости.

Жидкость без вязкости! Это было одним из поразительных открытий нашего века. Как такая жидкость отнеслась бы к инородному телу, погруженному в нее? Оказала бы ему сопротивление или нет?

И экспериментатор спешит поставить такой опыт: он опускает в жидкий гелий качающийся маятник (паучок Капицы). Жидкость без трения, без вязкости не остановит его. Но что это? Совершается непонятное: маятник прекращает движение, останавливается... Жидкий гелий повел себя как самая обычная, тривиальная жидкость.

Есть от чего прийти в смятение! В одном случае (с капилляром) жидкий гелий не имеет вязкости, в другом (с маятником) — имеет. Все происходит так, как будто одновременно в нем заключены... две жидкости.

Так оно и оказалось. Вот как описывает ни на

что не похожее поведение жидкого гелия замечательный советский физик Лев Давидович Ландау: «...часть жидкости будет вести себя как нормальная вязкая жидкость, «цепляющаяся» при движении... Остальная же часть массы будет вести себя как не обладающая вязкостью сверхтекучая жидкость».

Так гелий доказал, что знакомая нам при нормальных температурах жизнь веществ в области предельного холода подчиняется совсем иным законам. Здесь отношения между атомами и молекулами диктуются законами микроскопического мира, неподвластными классической физике. Это поняли два замечательных советских физика и не только поняли, но и доказали: академик Капица — рядом убедительных экспериментов, академик Ландау — серией виртуозных логических и математических построений, которые он оформил в 1940 году в виде теории сверхтекучести. Они подарили миру прозрение тайны низких температур...

КУДА ПРИВЕЛИ СЛЕДЫ

С этого времени положение в науке о низких температурах резко меняется. Ученые узнали главное — законы, правящие в царстве холода. Теперь оставалось выяснить нормы поведения, которые законы микромира — квантовые законы — диктуют различным веществам.

Приблизительно с тридцатых годов «столица холода» перемещается из Голландии в Советский Союз. Вокруг Капицы и Ландау сплачивается группа молодых ученых, работы которых в новой области физики становятся ведущими. И если раньше исследователи двигались только по серому следу оловянной чумы и желтому следу гелия, то теперь изыскания ведутся сразу во многих направлениях. Фронт исследований простирается от Москвы до Ленинграда, от Харькова до Тбилиси, от Сухуми до Свердловска.

Кольцо вокруг тайны холода сужается. Теперь ученые наблюдают уже не случайные, непредвиден-

ные явления. Они стараются получить результаты, предсказанные теорией сверхтекучести.

Часть из них продолжает двигаться по следу гелия.

Действительный член Академии наук Грузинской ССР Э. Л. Андроникашвили изучает свойства вращающегося гелия. Гелий остается верным себе. И вращается-то он не так, как все другие жидкости. Если очень закрутить его, он начинает вести себя уже не как жидкость, а как упругое тело. Отдельные слои становятся упругими жгутами, которые упираются и противятся вращению. Ученый упорно ищет отгадку очередного фокуса квантовой жидкости.

Член-корреспондент Академии наук СССР А. И. Шальников, чтобы изучить взаимодействие нормальной и сверхтекучей частей жидкого гелия, «подкрашивает» его электронами. По их движению он надеется проследить за отношением этих двух разных жидкостей.

Доктор физико-математических наук В. П. Пешков обнаружил «второй звук» в гелии, предсказанный теорией Ландау. Оказалось, что, кроме обычного звука, представляющего собой волны сжатия и разрежения, в сверхтекучем гелии возможны незатухающие тепловые волны, названные вторым звуком.

Что бы вы сказали, если бы обнаружили, что вода в чайнике никак не нагревается даже при сильном огне? Сам чайник уже раскален, а вода в нем еще холодная. Нечто подобное обнаружил П. Л. Капица еще в далекие дни первых опытов с гелием.

Объяснить это странное явление удалось лишь в наши дни ученику Ландау доктору физико-математических наук И. М. Халатникову. Оказывается, жидкий гелий нагревается вовсе не так, как вода в чайнике, — от соприкосновения с его стенками. Гелий нагревают те самые неслышимые звуковые волны, которые исходят от стенок сосуда при их нагревании. А процесс этот и не быстрый и не такой уж эффективный...

Так, шаг за шагом, ученые разоблачают тайны необычного характера гелия.

Много интересных явлений предсказали в области низких температур и экспериментально подтвердили московские физики: действительные члены Академии наук СССР В. Л. Гинзбург, И. Я. Померанчук, члены-корреспонденты Академии наук СССР Е. М. Лифшиц, А. А. Абрикосов и многие другие. Но и их работами далеко не исчерпываются исследования всех замечательных и многообразных явлений, связанных со сверхтекучестью гелия.

ВЫЗОВ ФИЗИКЕ

Ну, а куда привел ученых след девятнадцати металлов? Туда же, куда и след гелия. Причина сверхтекучести гелия и сверхпроводимости металлов оказалась общей.

Все, конечно, замечали, как вода просачивается сквозь песок. Так и электрический ток представляет собой движение электронов, просачивающихся между атомами металла. Электроны тормозятся атомами, которые сами находятся в тепловом движении и непрестанно колеблются. На эти столкновения и уходит энергия электронов, полученная ими от электрической батареи.

Атомы металла, получив дополнительную энергию, раскачиваются еще больше и еще сильнее мешают продвижению электрического тока. Таков механизм сопротивления металлов электрическому току. Это не было для ученых откровением — явление давно изучено. Но то, чему стали свидетелями ученые, охладившие металлы, было действительно откровением. Куда девается способность металлов сопротивляться электрическому току? Что в них происходит?

Если металл охладить, тепловые колебания атомов уменьшаются. Они меньше мешают электрическому току. А при очень низкой температуре почти совсем не мешают.

Но такое «замерзание» сопротивления не может привести к сверхпроводимости. Ведь тепловые колебания в соответствии с классической физикой убы-

вают вместе с температурой и уменьшаются до нуля только при абсолютном нуле температуры. Квантовая физика показала, что даже при абсолютном нуле движения внутри вещества не прекращаются полностью — остаются так называемые нулевые колебания атомов и элементарных частиц.

Однако опыт показывает, что при постепенном охлаждении сверхпроводящих металлов их сопротивление сначала убывает вместе с уменьшением температуры (как предсказывает классическая физика), но при какой-то температуре, характерной для данного металла, сопротивление внезапно, скачком падает до нуля.

При этом происходит своеобразное явление, не имеющее прецедентов ни в одной другой области науки. Вблизи абсолютного нуля, когда тепловые колебания атомов крайне ослаблены, электроны начинают вести себя совсем по-особому. Их поведение кажется просто непостижимым.

Между ними возникают вдруг силы притяжения! Электроны, несмотря на то, что отрицательно заряженным телам полагается отталкиваться, начинают вдруг стремиться друг к другу!

Для ряда металлов это стремление оказывается настолько интенсивным, что оно пересиливает отталкивание между электронами. По мере охлаждения они все сильнее связываются между собой, объединяясь в дружный, слаженный коллектив. Это немного похоже на то, как отдельные бессильные капли воды превращаются однажды в мощную реку, сметающую на своем пути песок и камни, вырывающую с корнем кусты и деревья.

Так и отдельные электроны в металле вблизи абсолютного нуля сливаются в электронный поток, свободно текущий внутри металлов без всякого сопротивления с его стороны. Наступает состояние сверхпроводимости...

Это удивительное явление до сих пор поражает воображение ученых, до сих пор с трудом переводится на общедоступный язык образов и аналогий.

Такое состояние электронов неустойчиво и каприз-

но. Если металл снова нагреть, атомы начнут колебаться сильнее и снова разобьют сверхтекучую жидкость на отдельные беспомощные капли — электроны, которые в одиночку с трудом будут пробираться в металле, растрачивая при этом всю свою энергию...

Итак, странное поведение гелия и металлов при низких температурах имеет общие корни. Явления сверхтекучести и сверхпроводимости очень схожи по своему механизму и подчиняются одним и тем же квантовым законам. Так же как сверхтекучая жидкость при низких температурах без всякого трения проходит через самые узкие щели, так и электронная жидкость в металле — электрический ток — свободно, без трения просачивается через «щели» между атомами и молекулами.

Совсем недавно, в 1958 году, голландский физик X. Казимир с сожалением констатировал: «В настоящее время объяснение явления сверхпроводимости остается вызовом физику-теоретику».

Но вызов этот физики тогда уже приняли. Над проблемой сверхпроводимости размышляли английский ученый Фрелих, американцы Бардин, Купер и Шриффер, австралийцы Шаффрот, Батлер и Блат... Советскую группу по «борьбе» с тайной сверхпроводимости возглавлял математик академик Николай Николаевич Боголюбов.

В тот момент, когда Казимир произнес свою полную горечи фразу, под явлением сверхпроводимости подводилась черта. Полувековая загадка доживала последние часы. Но сдавалась она не без последнего боя.

ФОРМУЛЫ В ОБОРОНЕ

Еще в 1950 году англичанин Фрелих наметил путь решения проблемы сверхпроводимости. Он понял некоторые причины странного поведения электронов в металле близ абсолютного нуля и тогда составил основное уравнение задачи, но... решить его не сумел.

Задачу он поставил правильно, но ввиду ее исключительной математической сложности с ней не справился. Хотя, надо отдать ему справедливость, он высказал ряд правильных гипотез о природе математических трудностей.

Перед учеными встала трудная задача расшифровки уравнения Фрелиха, которое обещало прояснить картину сверхпроводимости. Над этой задачей работали многие.

Важную физическую идею о природе математических трудностей уравнения Фрелиха высказали австралийские ученые. Потом в эту работу включилась группа американских ученых, но...

Задача Фрелиха оказалась и им не по зубам.

Это несколько напоминает историю со знаменитой тринадцатой задачей Давида Гильберта. Известный немецкий математик решил много считавшихся неразрешимыми задач, но свою собственную, под таким несчастливым номером, так и не смог одолеть. За нее брались многие математики, но безуспешно. Задача была поставлена в 1904 году, но прошло полвека, а она все не поддавалась. Многие даже шутили по этому поводу: «Старику Гильберту следовало бы пропустить при обозначении несчастливый номер: этим он облегчил бы труд тех, кто пытается найти ответ его задачи № 13».

Несчастливую задачу решил Володя Арнольд, студент 4-го курса Московского государственного университета (ныне доктор физико-математических наук), ученик замечательного математика А. Н. Колмогорова.

Задача Гильберта являлась чисто абстрактной, она представляла соблазн просто как курьез, как математический орешек, на котором математикам стоило поточить зубы. Никаких практических обещаний она не давала, впрочем так же как и другие знаменитые нерешенные задачи: теорема Ферма, поставленная лет сто назад, и Диофантовы уравнения, которым уже чуть ли не тысячу лет.

С задачей сверхпроводимости дело обстояло совсем иначе, ведь это была насущная задача не только чистой науки, но и техники.

Поэтому задача сверхпроводимости была решена гораздо быстрее. И сделали это Боголюбов с группой сотрудников и американские ученые Купер, Бардин и Шриффер. Они решили даже не уравнение Фрелиха, а математическую задачу, обогащенную по сравнению с этим уравнением более точными данными о явлении; задачу более полную, точнее рисующую сложное поведение электронов в охлажденных металлах.

Картина сверхпроводимости оказалась до тонкости похожей на картину сверхтекучести. Поэтому ученые использовали теорию сверхтекучести как фундамент для построения теории сверхпроводимости. Академик Н. Н. Боголюбов за раскрытие тайны сверхпроводимости был удостоен Ленинской премии 1958 года.

РАЗОБЛАЧЕНИЕ

А след оловянной чумы? Не затерялся ли он в путанице многочисленных следов, покрывающих недавно еще девственные просторы царства холода? Если его отыскать и пойти по нему, он приведет в Харьков, в одну из старейших лабораторий низких температур, руководимую действительным членом Академии наук УССР Б. Г. Лазаревым. Он и его сотрудники В. И. Хоткевич, И. А. Гиндин, Я. Д. Стародубцев натолкнулись в своих исследованиях и на давнюю загадку олова.

Изучая поведение металлов при низких температурах, физики обнаружили интереснейшие вещи. Что, если заморозить воду? Конечно, она превратится в лед. И может даже показаться, что, замерзнув, лед так и останется льдом. Но лед льду рознь. Ученым уже известен почти десяток видов льда, отличающихся между собой своей структурой.

Экспериментаторы замораживали не только воду, а и такие металлы, как литий, натрий, висмут, бериллий, ртуть, цезий, и получали... нечто совсем иное. Так говорил рентгеноструктурный анализ, фиксируя новую структуру.

В чем же дело? Несомненно, ученые имели дело все с теми же исходными веществами. Это были те же металлы, но, оказывается, при низких температурах они, так же как и обыкновенная вода, изменяли свою структуру.

Харьковчанами раскрыт и секрет олова. Оно тоже испытывает превращения, названные низкотемпературным полиморфизмом. При определенной температуре белое олово превращается в серое порошкообразное вещество, удивительно похожее на то, которое полтора столетия тому назад было обнаружено на петербургском складе. Это было то же олово, но изменившее свою структуру. Такое превращение может произойти и при более высокой температуре, если потрясти металл. Удар, сотрясение ускоряет перерождение. Как видно, по этой же причине развалились баки с горючим на экспедиционных кораблях Роберта Скотта. Поэтому теперь никогда не паяют чистым оловом радиотехническую аппаратуру, подверженную тряске.

Но все-таки олово не раскрыло своей тайны до конца. Если другие охлажденные металлы сохраняют металлические свойства, то олово ведет себя совсем неожиданно. Оно превращается в полупроводник... Это все еще не объясненный факт.

Необъяснимым остается и другое. В большинстве случаев строение охлажденных металлов становится экономичнее, атомы и молекулы упаковываются плотнее. В этом удивительном факте ученые убеждались не раз. Низкие температуры поступают с металлами так же, как высокие давления.

Этому правилу подчиняются литий, натрий и многие другие металлы.

А олово — нет. Оно поступает как раз наоборот. Аккуратные белые брусочки распухают и превращаются в рыхлое месиво.

Почему оно ведет себя именно так? Почему при охлаждении и деформации стремится занять побольше места? Ответа на это пока нет.

Но стоит ли об этом думать? Может быть, это вовсе не так важно?

Нет, и обращение олова в полупроводник, и увеличение его объема при охлаждении не случайность. Это, несомненно, проявление какой-то скрытой закономерности. И ученые трудятся над ее выявлением, ибо это необходимо для управления поведением металлов, для создания материалов с наперед заданными свойствами.

Ставя опыт с охлажденными металлами, харьковские ученые обнаружили совсем уж курьезное явление, объяснить которое поначалу не брались даже самые опытные теоретики.

Результаты опытов упорно настаивали на том, что металл в куске может обладать совсем иными свойствами, чем тот же самый металл, но... в виде пленки.

На первый взгляд это кажется просто абсурдным, противоречащим всему опыту общения с металлами. Однако...

НЕ ПО ПРАВИЛАМ

Как садовник сажает семена растений, так физики «сажали» атомы висмута и бериллия, натрия и калия на охлажденную жидким гелием пластинку. Сажали не торопясь, один за другим. Только так можно было получить действительно сверхтонкую пленку.

Изучая свойства бериллиевой пленки и пропуская через нее электрический ток, ученые оказались свидетелями непредвиденного эффекта. Пленка покорилась току, не оказав ему сопротивления.

На первый взгляд в этом явлении в наши дни уже нет ничего загадочного. Как гром средь бела дня оно поразило Каммерлинг-Оннеса в начале нашего века, когда, охладив ртуть до температуры жидкого гелия, он обнаружил в ней полное отсутствие сопротивления электрическому току. Явление сверхпроводимости действительно несколько десятилетий оставалось необъясненным. Но теперь, как мы уже сказали, трудами советских и зарубежных физиков создана стройная теория этого удивительного явления. И сейчас ученые безошибочно называют металлы-сверхпроводники,

предугадывают их свойства, определяют возможные пути использования.

Тем более интересна «ошибка» с бериллием, который уверенно причисляли к металлам, ни при каких условиях неспособным к сверхпроводимости. Как ни охлаждали бериллий, присущая ему кристаллическая решетка препятствовала прохождению электрического тока.

И вдруг... Пленочка бериллия спутала все карты. Правда, раньше ученым был известен еще один металл — висмут, пленки которого вопреки правилам становились сверхпроводящими. Но это долго считалось единственным исключением из общего правила.

А теперь и бериллий. Два случая — это уже не исключение. Значит, бериллий и висмут — представители группы веществ, не подчиняющихся известным нормам поведения.

Что же заставляет их изменять свои свойства? — размышляли ученые. И нет ли здесь связи с явлением низкотемпературного полиморфизма при пластической деформации, которому, кстати, подвержены оба металла. Может быть, при принудительной конденсации атомов висмута и бериллия на охлажденную пластинку образуется искусственная решетка, склонная к сверхпроводимости?

На справедливость этих предположений указывал простой опыт. Когда исследователи многократно нагревали, а затем замораживали пленку, она постепенно теряла свойства сверхпроводника. Так как при этом она не подвергалась никакой деформации, ее атомы, возможно, постепенно возвращались к своему обычному порядку — восстанавливалась решетка, не склонная к сверхпроводимости.

Не кроется ли в том, что подметили харьковские ученые, намек на богатую перспективу направленного изменения свойств металлов? Если один и тот же металл может проявлять различные качества в зависимости от способа его получения, если его атомы можно заставить строиться по-разному, значит перед техникой будущего открываются замечательные возможности управления свойствами вещества.

ПРИМИРЕННЫЕ ВРАГИ

Не только бериллий и висмут, железо тоже считалось металлом, абсолютно неспособным к сверхпроводимости. До недавнего времени никто ни при каких условиях не мог получить сверхпроводящее железо. Но это ученых не удивляло. Этому имеется весьма веское основание.

Дело в том, что сверхпроводимость и магнетизм — исконные враги. Они просто не переносят друг друга.

Силовые магнитные линии упорно избегают сверхпроводник. В этом убеждает элементарный опыт. Если на пути магнитного поля поместить проволочку в сверхпроводящем состоянии, магнитное поле обежит ее, как морская волна бревно. Но если быть очень настойчивым и, увеличивая силу магнитного поля, стремиться втолкнуть его внутрь проволоки, оно действительно проникнет туда, однако... состояние сверхпроводимости в проволоке исчезнет.

Таким образом, одной из особенностей низких температур является несовместимость сильного магнитного поля и состояния сверхпроводимости.

Поэтому, сами понимаете, железо, которое является материалом магнитным, никак не может стать сверхпроводником. Разве только железо немагнитное... А где вы видели немагнитное железо?

Правда, немагнитное железо в нагретом состоянии никого бы не удивило. Французский ученый Пьер Кюри давно заметил: нагретое выше определенной температуры железо всегда теряет магнитные свойства. Температура, при которой размагничиваются стальные магниты, называется точкой Кюри. Она лежит выше семисот градусов. Но немагнитное железо в холодном состоянии! Возможно ли это? Не парадокс ли вообще сверхпроводящее железо?

И все-таки ученые получили его, получили вопреки научной логике, наперекор природе. Произошло это в Ленинградском физико-техническом институте Академии наук СССР в лаборатории низких температур.

Поначалу не обошлось без сомнений. Вряд ли это

возможно, говорили многие видавшие виды ученые, прочтя публикацию о получении сверхпроводящего железа. И как винить их за скептицизм? Сомнения поддерживал многовековой человеческий опыт.

...Люди издавна привыкли к замечательному свойству железа образовывать вокруг себя магнитное поле и подчиняться ему. Стрелка компаса, послушная магнитным силовым линиям Земли, смотрит одним концом на север. Да и каждый атом железа подобен такой стрелке, на одном конце таящей свой миниатюрный северный полюс, а на другом — южный.

В теле железа можно натолкнуться на маленькие области, в которых целые полчища магнитиков выстроены в строгом порядке. Все северные полюсы их смотрят в одном направлении, южные — в другом. Магнитные силы стрелочек складываются, и в этом маленьком участке образуется чрезвычайно сильное магнитное поле. Такие области названы доменами, и в каждом куске железа их множество. Есть области, где все магнитики так же дружно «смотрят» совсем в другую сторону.

По всей толще большого и маленького кусков железа чередуются магнитные области, ориентированные самым хаотическим образом. Магнитные поля внутри отдельных доменов очень сильны, но ориентированы совершенно хаотически и в среднем уравновешивают друг друга, поэтому силовые линии не выходят на поверхность металла. Вот почему, как сильно ни охлаждать кусок железа, сверхпроводником он не станет: сверхпроводимость разрушается сильными внутренними магнитными полями, всегда существующими в отдельных доменах.

Но физики-теоретики, которым ничего не стоит в своем воображении оставить от куска железа совсем крошечный кусочек, тоненькую пленочку или даже просто горсть атомов, а потом с помощью формул и уравнений ощупать их, заглянуть в самую сущность, и на этот раз выведали у железа секрет его сверхпроводимости.

Они рассуждали примерно так. Крошечные атомы-магнитики в куске железа не закреплены намертво.

Под влиянием различных сил они свободно поворачиваются относительно друг друга. Но управлять ими в куске металла очень трудно. Они дружно, всем коллективом, образующим домен, противодействуют внешним влияниям.

А если атомы железа осторожно один за другим «наклеивать» на очень холодную поверхность? Ведь тогда они накрепко примерзнут к своим местам и не смогут объединять свои слабые магнитные поля в единое поле домена. Вот тут-то, пожалуй, и можно получить несколько слоев атомов немагнитного железа.

Чтобы атомы, не успев повернуться, примерзали к пластинке, ее надо охладить до температуры жидкого гелия. Значит, если пленка будет немагнитной, она вполне может при такой температуре стать сверхпроводящей.

Лазейка для примирения магнитного железа и сверхпроводимости была найдена. Оставалось провести очень тонкий и весьма сложный эксперимент: получить сверхпроводящее железо не на бумаге, а в жизни. Ленинградским ученым, создавшим оригинальную установку, это удалось. Так люди впервые увидели сверхпроводящее, а значит, немагнитное железо.

Попытки получить тот же результат при охлаждении пленки железа, первоначально нанесенной на теплую поверхность, не увенчались успехом.

Даже при нанесении пленки на холодную поверхность оказалось, что надо было делать это достаточно медленно и осторожно. До сих пор ученым не удалось подробно исследовать физические свойства полученных пленок. При повышении температуры эти пленки разрушаются и, отделяясь от стеклянной поверхности в виде тончайших чешуек, осыпаются. По-видимому, при нанесении атомов железа на холодную поверхность действительно образуется новая, ранее неизвестная разновидность металлического железа, в котором не возникают области самопроизвольного намагничения, препятствующие возникновению сверхпроводящего состояния.

Сейчас ученые с интересом ожидают повторения этих опытов в других лабораториях.

Изучение пленок металлов вызывает не только научный интерес. Эти пленки могут послужить прекрасным материалом для создания сверхминиатюрных ячеек кибернетических машин.

Представьте себе крошечное колечко из пленки сверхпроводника. Возбужденный в пленке ток будет циркулировать по колечку сколь угодно долго, не меняя своей величины, запоминая, какой сигнал вызвал появление этого тока. Такая ячейка куда компактнее, дешевле, экономичнее сложных элементов памяти, создаваемых из электронных ламп, магнитных барабанов, конденсаторов, которые сегодня используются в вычислительных машинах. Такие пленочные ячейки еще миниатюрнее и совершеннее, чем элементы памяти из сверхпроводящей проволоки (криотроны, персистатроны, персисторы). Подсчитано, например, что блок памяти, составленный из колечек сверхпроводящих пленок объемом в один кубометр, содержит 9 миллионов ячеек памяти. А это прямой путь превратить современные машины-динозавры в малюток.

Пока для целей запоминания ученые уже используют пленки олова, свинца и ниобия. Но уже ведется широкая цепь исследований по получению пленок из других металлов и сплавов, которые сделают элементы памяти еще надежнее, дешевле, проще в изготовлении.

ПОЛЬЗА ХОЛОДА

Путь по следам оловянной чумы пройден недаром. Он привел в царство холода. И путешественник стал осматриваться, обживаться, знакомиться с новыми порядками, задумываться: не могут ли они быть полезны? Оказалось, что могут и послужить, и помочь, и пригодиться. Могут решить многие насущные проблемы техники.

Даже воздух, обыкновенный воздух в царстве холода становится другим, податливым и легко отдает

свой кислород. В 1946 году Капица разработал очень эффективный и удобный способ выделения кислорода из воздуха в огромных количествах — десятками тонн в час. Теперь кислород широко используется во всем мире для автогенной сварки, для принудительного дутья в доменных, мартеновских, бессемеровских печах.

А водород, превратившись при низкой температуре в сжиженный газ, много легче расстается со своим тяжелым изотопом — дейтерием. Дейтерий очень сложно получить в обычных условиях, а на атомных станциях он нужен в больших количествах. Когда о новом способе получения этого ценного продукта, разработанном советскими учеными, рассказал не так давно на Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии доктор технических наук М. П. Малков, его сообщение было встречено с большим интересом.

Многие химические соединения, в нормальных условиях очень активные и опасные, можно обезопасить, «разорвав» на куски — радикалы, а затем хранить в замороженном виде, не боясь взрыва. Если их потом отогреть, они соединятся вновь. Эти консервированные радикалы не теряют своих свойств, так же как замороженные фрукты — витаминов.

Когда ядерной физике понадобилась легкая частица, ученые остановили свой выбор на ядре изотопа гелия. В отличие от обычного гелия, названного «гелием-4», его обозначают «гелием-3». Но в естественном гелии его содержится так мало, что надо переработать 20 тонн обычного гелия, чтобы получить всего 1 грамм изотопа. И процесс этот сложный, долгий, кропотливый. Вот почему «гелий-3» — самый дорогой в мире газ.

Харьковские ученые, изучая сверхтекучесть гелия, нашли более легкий способ получения «гелия-3». Оказывается, он не обладает свойством сверхтекучести, и на этом решили сыграть. Ученые охладили гелий. После этого он приходит в состояние сверхтекучести, но его изотоп не принимает в этом участия. И тогда, когда сверхтекучая часть просачивается через

тончайший фильтр в дне сосуда, в самом сосуде остается изотоп.

Инженеры воспользовались низкой температурой для создания изящных вакуумных установок, заменивших прежние громоздкие. В них использовано свойство угля в изобилии поглощать при низкой температуре воздух. В новых установках воздух не выкачивается, а его атомы просто прилипают к охлажденному древесному углю, как мухи к липкой бумаге, создавая в установке вакуум.

Но особенно смелые мечты рождает у ученых явление сверхпроводимости. Отсутствие в металлах сопротивления току не может не будить воображение. Вот если бы проложить кабель из сверхпроводника от города к городу и передавать колоссальные мощности без всяких потерь! Или, например, свернуть из такого кабеля катушку и получать сверхсильные магнитные поля. До чего это было бы дешево и удобно!

Представьте себе, что ученые получили сверхпроводящее состояние при обычной температуре (причем выдерживающее сильные магнитные поля) и сделали сверхпроводящие электрические провода. Если бы это случилось, произошел бы переворот в электротехнике. Вся колоссальная мощность Куйбышевской ГЭС смогла быть передана, например, в Москву или на Урал по тонким телефонным проводам. Драгоценная электрическая энергия не тратилась бы зря на разогрев проводов.

Но эта мечта пока так и остается мечтой. Состояние сверхпроводимости наступает лишь при очень низких температурах. В нормальных условиях оно пропадает и пропадают все его преимущества и волшебные свойства. Поместить же тысячекилометровые линии высоковольтных передач на всем пути их следования в ванночки с жидким гелием — задача утопическая и смешная. Расходы по сооружению этой громоздкой системы перекрыли бы весь выигрыш от экономии передаваемой энергии.

Но мечта о сверхсильных магнитах претворилась в действительность уже сегодня.

Сверхпроводящие металлы позволили создать фантастические электромагниты, поддерживающие огромные магнитные поля без затраты электроэнергии. Они в этом отношении напоминают постоянные магниты из закаленной стали или специальных сплавов. Для того чтобы намагнитить кусок стали, достаточно поместить его внутрь проволочной обмотки и на мгновенье пропустить через нее электрический ток. Сталь намагничивается и сохраняет свои магнитные свойства и после выключения тока в обмотке.

Если возбудить круговой электрический ток в сплошном куске сверхпроводника или в замкнутой обмотке из сверхпроводящей проволоки, то ток в них, не встречая сопротивления, будет существовать и после выключения возбудившего его источника. А пока существует электрический ток, действует и окружающее его магнитное поле.

Так работает «постоянный» магнит из сверхпроводника. Он остается магнитом, пока сохраняется состояние сверхпроводимости, а некоторые сплавы остаются сверхпроводящими и при температурах около двадцати градусов выше абсолютного нуля.

Если обмотка магнита сделана из олова или свинца, то достижимое магнитное поле не очень велико. Обмотка же из ниобия позволяет получить в десятки раз более сильное поле. Но самые современные сверхпроводниковые магниты делаются из соединения ниобия с оловом или цирконием. Оно остается сверхпроводящим до минус 255 градусов, а магнит с такой обмоткой, помещенный в жидкий гелий, дает поле в десятки тысяч эрстед.

Но это, конечно, не предел. Теория, разработанная советскими физиками, лауреатами Ленинской премии Ландау, Абрикосовым, Гинзбургом и Горьковым позволяет сознательно подходить к задаче поиска новых сверхпроводящих сплавов. Она уже вскрыла ряд удивительных свойств сверхпроводящих пленок и позволила по-новому подойти к возможности получения сверхпроводящего состояния при обычных температурах.

Впервые эта возможность была перенесена из об-

ласти мечты в разряд серьезных научных задач американским ученым Литтлом. Он предположил, что некоторые полимеры могут оказаться сверхпроводниками и сохранять это свойство и при высоких температурах. Но расчеты Литтла были недостаточно убедительными. Лишь впоследствии молодые физики Ю. П. Бычков, Л. П. Горьков и И. Е. Дзялошинский доказали, что линейный сверхпроводник Литтла может существовать. Но пока это еще теория. Впереди много работы. Может быть, более перспективными окажутся не линейные полупроводники, а сверхпроводящие пленки. Во всяком случае, теоретически «теплый» сверхпроводник уже перестал быть монстром. Он стал реальной целью.

По мнению П. Л. Капицы, низкие температуры несут много новых надежд радиотехнике. Он приводит простой и убедительный пример. Радиоприемник на специальных элементах, некоторые части которого охлаждены до температуры жидкого гелия, приобретает такую повышенную чувствительность, как будто мощность радиостанции при этом подскочила в сотни раз. Конечно, гораздо легче проделать такую операцию, чем увеличивать на колоссальную цифру мощность передатчика.

ПСЕВДОЧАСТИЦЫ

Но, пожалуй, самая впечатляющая находка в стране абсолютного нуля — псевдочастицы. Как сказать о них? О частицах: протонах, нейтронах, электронах и так далее и так далее (число их все время увеличивается!) — рассказать нетрудно. Они есть, они существуют. Каждая имеет свое лицо, свою биографию, у каждой есть паспорт, где указаны и место жительства и род занятий.

Но то, что ученые назвали компромиссным словом «псевдочастицы», не частицы в обычном смысле. Это скорее явления, но явления очень специфические. Да, они не настоящие частицы, но оказывают влияние на окружающий их микромир, как настоящие.

Как самые настоящие частицы, они участвуют в его жизни, взаимодействуют друг с другом. И в то же время... они не существуют. Они живут лишь на бумаге. Но без них ученые не в состоянии справиться со сложными законами, царящими в микромире. Для создания современных теорий физики вынуждены призвать на помощь наряду с реально существующими частицами и псевдочастицы.

И среди них одна из интереснейших — полярон. Эта псевдочастица удивительных свойств родилась в 1946 году под пером киевского физика-теоретика профессора С. И. Пекара.

Как за человеком в солнечный день движется его тень, так за электроном внутри кристаллической решетки движется облако поляризации, образованное его электрическим зарядом.

Встречные атомы, настигнутые облаком, поляризуются им, как бы связываются с электронами невидимыми нитями. Но и электрону эта связь с окружающими его атомами не обходится даром: он становится как бы тяжелее — масса увеличивается в шесть раз. Эту комбинацию электрона с окружающим его состоянием поляризации и назвали поляроном.

В теории такая комбинация электрона с его облаком поляризации казалась вполне ясной, обоснованной, реально существующей. Но как ее обнаружить, какими средствами подтвердить существование?

Полярон стал предметом пристального внимания физиков. Появились десятки исследований, посвященных этой псевдочастице. Но в большинстве это были теоретические изыскания, так как ни одному физику-экспериментатору не удалось непосредственно наблюдать полярон в движении.

Иногда эта затея казалась просто безумной. Стоит ли гоняться за тенью, призраком?

Но ленинградские ученые оказались упрямыми. Они решили оттолкнуться от уже известных вещей. Итак, масса полярона в шесть раз больше массы обычного электрона. Если бы можно было непосредственно взвесить тот и другой, мы получили бы самое лучшее доказательство правильности теории. Но обла-

ко взвесить нельзя. Тогда, решили физики, надо проделать такой опыт, в котором бы вес электрона и полярона проявился косвенным путем. Такой опыт вскоре и был проделан.

Если поместить крупинки металла в сильное магнитное поле и воздействовать на них радиоволнами, электроны в металле начнут двигаться по окружности, черпая энергию для этого движения у радиоволн. Электроны будут «танцевать» по кругу в определенном ритме. А если на месте электронов окажутся поляроны? Они тяжелее и, очевидно, «затанцуют» по-другому.

Такая мысль и пришла в голову ученым. Они решили испытать полярон в аналогичном опыте.

Но прежде чем приступить к этому эксперименту, надо было устранить одно мешающее обстоятельство — тепловое хаотическое движение атомов кристалла. Ведь оно нарушает поляронное облако, сопровождающее электрон. Избавиться от этого препятствия помогла техника низких температур. Когда вещество было сильно охлаждено, удалось осуществить задуманный опыт и впервые обнаружить несомненное проявление движущегося полярона. Вот как это случилось.

ПОДТВЕРЖДЕНИЯ НАДО ДОБЫТЬ

На охоту за поляроном вышел доктор физико-математических наук Н. М. Рейнов в сопровождении молодых физиков: теоретика А. И. Губанова и экспериментатора Н. И. Кривко.

В качестве поля для охоты они избрали хорошо изученный кристалл закиси меди, а в качестве оружия — мощную технику сантиметровых радиоволн и огромных магнитных полей. Для того чтобы облегчить охоту, они решили вести ее в сверхарктических условиях, погрузив кристалл закиси меди в жидкий гелий.

Можно представить себе, с каким волнением ученые приступили к опыту. Кристалл закиси меди погружен в специальный прибор — криостат. Криостат заполнен жидким гелием. Движения атомов в кристалле

ослабевают, они как бы замерзают, погружаются в зимнюю спячку. Кривко включает генератор радиоволн. Радиоволны легко проникают сквозь кристалл, практически не поглощаясь им. Затем он включает ток, проходящий через обмотку огромного электромагнита, и медленно увеличивает его силу. Магнитное поле постепенно увеличивается до 1000, 2000, 3000 эрстед.

Исследователи внимательно следят за приборами, готовясь уловить момент, когда мощность радиоволн резко упадет. Это будет значить, что электроны в кристалле затанцевали, отобрав энергию, нужную для своего танца, у радиоволн.

Напряженность магнитного поля достигла уже 3500 эрстед, но поглощения радиоволн в кристалле все еще не наблюдается.

Если бы при этом присутствовал посторонний наблюдатель, знающий лишь, что поглощение, связанное с танцем электронов, должно наблюдаться при поле около 2500 эрстед, он пришел бы в волнение. Но ученые спокойны. Они вновь уменьшают ток в обмотке электромагнита, и магнитное поле убывает до нуля. Это был контрольный опыт: при температуре 4,2 градуса выше абсолютного нуля в закиси меди слишком мало свободных электронов, чтобы можно было наблюдать поглощаемую ими энергию, чтобы их танец стал заметным.

Ученые зажигают яркую электрическую лампу и при помощи системы линз направляют ее свет сквозь стенки стеклянных сосудов и сквозь жидкий гелий на кристалл закиси меди. Лучи света выбивают из атомов кристалла электроны, которые начинают беспорядочно двигаться внутри него. Теория предсказывает, что при этом должны возникать и таинственные поляроны.

Разговоры стихают. Все настораживаются. Вновь плавно возрастает ток в обмотке электромагнита, и вдруг... Когда поле достигает 2350 эрстед, приборы показывают сильное поглощение радиоволн.

Губанов быстро проводит расчет. Ему ясно, что это заплясали электроны, выбиваемые светом.

Ток в обмотке электромагнита продолжает возрастать. Теперь волнуются и ученые. Спокойны лишь приборы. Стрелка амперметра — указателя тока — медленно движется вправо. Ток непрерывно увеличивается. Но стрелка прибора, показывающего поглощение радиоволн, все еще неподвижна — поглощение прекратилось.

Медленно идет время, медленно возрастает магнитное поле — 4000 эрстед, 5000... 10 000. Почему же нет поглощения? 15 000 эрстед... 17... 18... 19...

Внимание! Теория говорит: ожидай здесь! Если в закиси меди есть поляроны — поглощение близко. 19 500 эрстед... Победа! Поглощение радиоволн заметно возросло, плавно увеличилось и, достигнув максимума при 19 600 эрстед, вновь уменьшилось.

Так был впервые обнаружен подвижный полярон с массой, в шесть раз превышающей массу электрона. Но теория требовала продолжения опыта. И действительно, при 21 600 эрстед был обнаружен еще один максимум поглощения, соответствующий полярону, масса которого не в 6, а в 6,6 раза больше массы электрона.

Хотя ученые и дальше увеличивали силу тока, достигнув напряженности магнитного поля огромной величины — в 30 000 эрстед, больше максимумов поглощения не появлялось.

Два максимума поглощения, наблюдавшиеся во время опыта, были вызваны двумя типами поляронов. Один из них был порожден электронами, другой, как это ни парадоксально, отсутствием электронов или, как говорят ученые, — дырками. В соответствии с предсказанием теории массы обоих типов поляронов несколько различались.

Так, в Физико-техническом институте в Ленинграде в 1959 году впервые наблюдался движущийся полярон — не существующая на самом деле частица, дотоле скрывавшаяся от физиков-экспериментаторов.

Еще раньше там же, несколько иным способом, но тоже с помощью тонкого и сложного эксперимента в условиях низких температур изучались свойства другой, не менее своеобразной псевдочастицы.

Речь идет об экситоне, свойства которого предсказал видный советский физик Я. И. Френкель. Он предположил и подтвердил теоретическими расчетами, что атомы и ионы в кристаллической решетке в некоторых случаях, поглощая свет, переходят в особое, возбужденное состояние. Поглотив свет, атом, подобно заряженному ружью или натянутому луку, может сохранять избыточную энергию длительное время. Более того, строй атомов, образующих решетку кристалла, может по цепочке передавать друг другу эту энергию подобно тому, как если бы по шеренге солдат передавалось заряженное ружье. Так, внутри кристалла от одного узла решетки к другому, передается избыточный запас энергии — то, что было названо экситоном.

Если за поляроном ученые охотились почти 15 лет, то экспериментальные поиски экситона отняли у них ненамного меньше времени. И здесь одним из камней преткновения была, во-первых, невозможность «опознать» экситон прямым путем, и, во-вторых, снова мешало тепловое движение атомов кристалла, которое нарушало регулярный процесс передачи экситона от атома к атому, усложняло его, мешало рассмотреть детали.

Только благодаря проведению сложного эксперимента в условиях сверхнизких температур, когда замирают атомы, ученые доказали, что и экситон — реальное состояние атома в кристалле.

ПОКОЯ НЕТ

Вы идете по лесу и не можете налюбоваться его летним нарядом, наслушаться веселых птичьих песен. Вокруг все цветет, живет, дышит, напоенное теплом...

А зимой, повторяя тот же маршрут на лыжах, вы находите не менее прекрасный, но совершенно другой мир. Поеживаются от холода деревья, одетые в пушистые снежные шапки. Там, где летом нежно журчал ручей, потрескивает сковавший его лед.

«Хорошо, красиво, — думаете вы, растирая озябшие руки, — но холодно...»

Есть на Земле места, где царит такой мороз, что человек, без предосторожности вдохнувший глоток воздуха, моментально застудит легкие. За минуты на таком морозе унты становятся твердыми, жидкое топливо теряет текучесть, железо делается хрупким, а обычная резина разваливается на мелкие куски...

Как люди могли не задуматься над причиной изменения привычных свойств веществ? Как могли не попытаться разузнать что-либо о законах, правящих в царстве деда-мороза, о том, что может принести он в дар человеку не в призрачном мире сказки, а в реальной действительности?

Охотникам за тайнами холода не нужно ездить на Северный полюс или в Антарктиду. Там они спустятся лишь на несколько ступеней в глубь шкалы температур. Чтобы всесторонне изучить повадки холода, ученые прежде всего научились создавать низкие температуры в лабораториях. Теперь исследователи умеют получать не только самую низкую температуру, встречающуюся на Земле (минус 85,7 градуса), но перешагнули даже за 272 градуса холода. А ведь это всего на градус выше самой низкой температуры, возможной в природе, — абсолютного нуля.

А можно ли достичь абсолютного нуля? Можно ли отобрать от частиц вещества всю их тепловую энергию. Наука отвечает на этот вопрос отрицательно. Можно сколько угодно близко подойти к абсолютному нулю температуры, но достичь его невозможно. Причиной этому является неотъемлемое внутреннее движение, присущее материи. Это внутреннее движение связано с запасами внутренней энергии, уничтожить которые невозможно, не нарушив строения молекул, атомов и самих элементарных частиц. Даже в самом пустом пространстве всегда присутствует энергия электромагнитных полей, устранить которую невозможно. А вследствие неизбежных связей, существующих между частицами и полями и между отдельными частицами, эти запасы энергии будут переходить в тепловую энергию, препятствующую возник-

новению абсолютной неподвижности и достижению абсолютного нуля температуры.

Достичь абсолютного нуля невозможно, но на пути к нему ученые уже, как вы знаете, встретились с рядом неожиданных, поразительных фактов. Несомненно, много замечательных открытий еще лежит в неисследованных далях этого пути.

За последние десятилетия рухнула не одна крепость царства мороза. Образовалась целая область науки — физика низких температур, призванная освоить целину царства холода.

А в последние годы мы стали свидетелями рождения еще новой области — физики сверхнизких температур. Так ученые называют область, лежащую между десятой долей градуса и абсолютным нулем.

Многие лаборатории Советского Союза уже чувствуют себя как дома на этом абсолютном полюсе холода. Здесь особенно удобно исследовать тонкие особенности строения ядер, силы, приводящие к соединению атомов в причудливые конструкции решеток кристаллов, и многие явления, маскируемые тепловым движением материи.

Обнаружив новое явление, поначалу полное таинственности, экспериментаторы часто не торопятся с выводами и с нетерпением ожидают, что же скажет по этому поводу теория. А бывает и так. Теория предсказывает новый эффект, новое явление, какое-то неожиданное свойство знакомого вещества, но эксперимент столь сложен и тонок, что проходит немало времени, прежде чем утверждения формул получат воплощение в жизни.

Сложная теория и тончайшая, ювелирная точность техники эксперимента — вот особенности этой области физики. Она обогащает не только наши знания о природе веществ, но уже дает и практический выход.

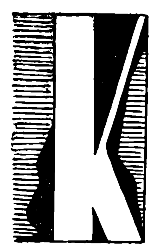
Охота за тайнами низких температур в полном разгаре. Не все они разгаданы до конца, многие служат еще предметом споров между специалистами, но все обещают быть полезными человеку.

БЕЗ ДЬЯВОЛА

Наше проникновение в мир атомов можно сравнить с великими, полными открытий кругосветными путешествиями и дерзкими исследованиями астрономов, проникших в глубины мирового пространства.

НИЛЬС БОР

РАЗЛИЧИМЫ ЛИ МОЛЕКУЛЫ?



акой странный вопрос, подумаете вы. Конечно, молекула воды отличается от молекулы спирта. И хотя молекулы нельзя различить невооруженным глазом, существует много способов отличить воду от спирта.

А можно ли отличить друг от друга две молекулы одного и того же вещества, например две молекулы воды? Многих и этот вопрос не поставит в тупик.

— Можно, — скажут они, — ведь, кроме обычной воды, существует тяжелая вода, а их молекулы отличаются даже весом.

Но что вы ответите на вопрос: могут ли отличаться между собой две молекулы обычной воды, в которые входит по атому обычного кислорода и по два атома обычного водорода?

Химик, несомненно, ответит на этот вопрос отрицательно, добавив, что нет и не может быть химической реакции, в которой эти молекулы вели бы себя различно.

С точки зрения физиков дело обстоит не так безнадежно. Физики знают, что даже совершенно одинаковые молекулы могут различаться своими энерги-

ями. Например, молекулы воды, льда и пара. Молекулы нагретого водяного пара, отдавая часть своей энергии лопастям паровой трубины и уходя в холодильник, превращаются там в жидкую воду. Молекулы воды, в свою очередь, обладают бо́льшими запасами энергии, чем те же молекулы в твердом состоянии, в виде льда.

ПОИСКИ ДЬЯВОЛА

Ученые, жившие до великих открытий Альберта Эйнштейна, не подозревали, что различие в энергии связано с небольшим различием в массе вещества. Но не в этом дело. Наши современники, зная это, знают также, что такое различие в массах столь мало, что обнаружить изменение запасов энергии с помощью весов совершенно безнадежно. Так можно ли действительно рассортировать молекулы, обладающие различными энергиями?

Вопрос, поставленный таким образом, тоже нуждается в уточнении. Ведь отделить молекулы водяного пара от молекул воды не составляет никакого труда. Для этого нужно подогреть воду, превратить часть ее в пар — и задача решена. Но при этом необходимо затратить энергию на нагревание. А нельзя ли обойтись без таких затрат или по крайней мере получить за счет такого разделения большие количества энергии, чем приходится тратить в процессе производства?

Многие ученые и люди самых различных профессий ломали головы над тем, как воспользоваться огромными запасами тепловой энергии, рассеянной в природе. Какая заманчивая перспектива! Наливаешь в котел обычную воду, механизм отбирает из нее те молекулы, которые в результате хаотического теплового движения обладают большими скоростями, и направляет их в паровую машину. Отработав, эти молекулы снова возвращаются в котел. Под котлом нет огня, его температура остается комнатной. Все делает механизм, причем без затраты энергии.

— Глупости, — скажете вы, — это вечный двигатель. И создать его невозможно.

Да, это вечный двигатель. Причем не простой, механический, о котором в 1755 году Парижская академия наук постановила оставлять без ответа все заявления и предложения, касающиеся вечного двигателя, а так называемый вечный двигатель второго рода, использующий теплоту.

Однако представьте себе такое устройство: сосуд с газом разделен на две части. В стенке маленькое отверстие с задвижкой. Об эту задвижку с обеих сторон беспорядочно ударяются молекулы газа. Если какой-либо механизм на мгновенье открывает задвижку, когда молекула подлетает к ней слева, пропуская ее в правую половину, и задерживает молекулы, летящие справа налево, то постепенно бóльшая часть молекул скопится в правой половине сосуда. Давление там сделается более высоким, чем в левой половине. Пропуская газ обратно, то есть справа налево, через специальную трубку, в которой установлена турбинка, мы сможем получить таким образом некоторую энергию. Повторяя этот процесс много раз, мы получили бы вечный двигатель второго рода.

Невозможность создания вечного двигателя второго рода была доказана в прошлом веке физиками Клаузиусом и Томсоном. А пример, приведенный здесь, был придуман великим английским физиком Максвеллом, чтобы сделать это совсем очевидным. Создать механизм, о котором говорится в этом примере, нельзя. Молекулы будут в среднем переходить справа налево так же часто, как и слева направо. Воображаемый, но неосуществимый механизм, сортирующий молекулы так, чтобы отобрать у них энергию, с тех пор стали называть дьяволом Максвелла.

НЕЧИСТЫЙ С ФОНАРИКОМ

Дьявол Максвелла (или демон Максвелла) родился в 1871 году и прожил долгую жизнь. Несмотря на то, что Максвелл думал, что сам уничтожил свое де-

тище, доказав его неработоспособность, коварный дьявол тревожил несколько поколений ученых.

Как только кто-нибудь задумывался над роковым смыслом второго начала термодинамики, которое утверждает, что все процессы в природе идут таким образом, что энергия постепенно рассеивается, обесценивается и вселенную в конце концов ожидает тепловая смерть (все тепло израсходуется, и мир погрузится в темноту ледяной ночи), ему начинал являться Максвеллов дьявол.

Мариан Смолуховский, занимавший кафедру теоретической физики в Львовском университете, в 1912 году первый отметил роковое влияние хаотического теплового движения молекул на работу демона Максвелла. Он понял, что хаотические удары молекул приводят к случайному открыванию и закрыванию задвижки и тем препятствуют нарушению законов природы.

Прошло еще 15 лет, и загадка Максвелла послужила толчком к работе, ставшей одним из камней в фундаменте новой науки — кибернетики. В 1929 году Л. Силард указал, что демон, если он хочет вовремя заметить молекулу и управлять ею, должен получать и своевременно использовать информацию о движении отдельных молекул.

Прошло еще около двадцати лет, пока не удалось доказать, что демон не может вовремя увидеть отдельные молекулы, если только его не снабдить фонариком или другим приспособлением для своевременного узнавания молекул.

Как видите, без света он обойтись не может, а фонарик требует затраты энергии. Опять не удалось обойти второе начало термодинамики. Но для того чтобы доказать, что без затраты энергии демон вообще не может получить информации, необходимой для его деятельности, понадобилась сложная работа, закончившаяся лишь во второй половине нашего века.

Думали ли в 1951 году молодой аспирант Николай Геннадиевич Басов и немного старший по возрасту доктор физико-математических наук Александр Михайлович Прохоров о дьяволе Максвелла?

Неизвестно. Они были увлечены одним очень интересным явлением, которое, казалось бы, не имеет никакого отношения ни к нашим вопросам, ни к дьяволу Максвелла.

НА РАСПУТЬЕ

Примерно за пять лет до этого, вскоре после изобретения синхротрона — ускорителя заряженных частиц, Прохоров задумал выяснить, нельзя ли использовать новый замечательный прибор в качестве источника радиоволн. Конечно, синхротрон создан, чтобы разгонять электроны до скоростей, близких к скорости света, а вовсе не для того, чтобы использовать рождаемые ими радиоволны. Но как знать... Ведь и радио было изобретено как средство связи, а развилось в почти всеобъемлющую область техники.

После того как тяжелое ранение вернуло Прохорова с фронта Отечественной войны, он в науке остался разведчиком. Сменив тяжелые будни войсковой разведки на нелегкие дни научного поиска, Прохоров проявлял удивительную настойчивость.

Примерно через год после начала работы с синхротроном к Прохорову присоединился студент-практикант Басов. Война наложила свой отпечаток и на его жизнь. Со школьных лет он стремился к точным наукам, но началась война, и его призвали в армию. Окончив фельдшерскую школу, Басов ушел на фронт. Лечил и спасал раненых, укрывал дымовыми шашками переправы, демонтировал заводы, где гитлеровцы изготовляли отравляющие вещества. Тяжело отравленный, попал в госпиталь.

И вот он студент при кафедре теоретической физики; заканчивает Инженерно-физический институт на год раньше срока, выполнив дипломную работу, половину которой составил эксперимент. Здесь впервые сказался его научный почерк: теоретик по образованию и по склонности, Басов — тонкий знаток и любитель экспериментальной работы. Впоследствии друзья шутили: «Фельдшер медицины и доктор физики».

Первый этап совместной работы молодых ученых не дал науке много нового. Они пришли к выводу, что из синхротрона не сделаешь хорошей радиолампы.

Выбор правильного направления — основное и в походе, и в политике, и в науке. Наиболее обещающие пути в науке лежат на границах различных областей, на стыках новых рубежей техники. Одно из таких направлений — радиоспектроскопия, наука, развившаяся в послевоенные годы. Она позволяет изучать молекулы и атомы на основе их способности поглощать радиоволны. Это была та область работы, к которой наши друзья были подготовлены лучше всего. Прохоров, радиофизик по образованию, основательно проварился в «котле» Физического института Академии наук СССР, в котором непрерывно клокотали дискуссии по вопросам теории элементарных частиц, атомного ядра и космических лучей. Басов же, теоретик по образованию, полностью овладел техникой сантиметровых волн и обращался с волноводами и резонаторами так же свободно, как радиолюбитель с детекторным приемником.

Итак, они взялись за радиоспектроскопию. Начали просвечивать различные газы радиоволнами. Изучая поглощение волн, расшифровывали строение и свойства молекул. Они рассказывают:

— Это увлекательная, но кропотливая работа. Ее можно сравнить с разгадкой хорошего кроссворда. Трудно сказать, что сложнее в этой работе: расчеты или опыт. Вначале не знаешь, как подступиться, а потом не можешь оторваться.

Итак, ученые выясняли способность атомов и молекул поглощать.

И вот тут-то, сами того не подозревая, они встретились с дьяволом Максвелла.

ЛУЧИ В ПЛЕНУ

Все началось с того, что специалисты, занимающиеся созданием радиолокаторов, столкнулись с загадочным обстоятельством.

Пучок радиоволн длиною в 1,3 сантиметра, посланный радиолокатором в поисках цели, растворялся в пространстве. Казалось, что кто-то невидимый ставил на пути лучей ловушку и большая часть радиоволн захлопывалась в ней.

Причина этого явления была неясна. Было лишь очевидно, что из-за сильного поглощения применять радиоволны длиною около 1,3 сантиметра для радиолокации невозможно.

Странное явление очень заинтересовало ученых. Начались поиски разгадки.

Пропуская радиоволны через разреженные газы, ученые убедились в том, что многие газы сильно поглощают короткие радиоволны. Но не все. Азот и кислород, например, пропускают без изменения радиоволны длиною в 1,3 сантиметра, а водяные пары поглощают их. Различные газы поглощают не все проходящие через них радиоволны, а лишь те, которые имеют определенную длину. Остальные они пропускают, не задерживая.

Создалось впечатление, что молекулы как-то настроены на эти волны и поэтому поглощают только их. Этим свойством молекулы очень напоминают радиоприемники. Ведь радиоприемники, как мы знаем, обладают способностью отделять сигналы одной радиостанции от сигналов остальных. И молекулы, подобно радиоприемникам, принимают лишь те волны, на которые они настроены.

Это было то самое явление поглощения газами радиоволн определенной длины, которое и толкнуло ученых на мысль использовать радиоволны для анализа различных смесей.

В этой работе приняли участие Басов и Прохоров. И вот тут-то у них и возникла мысль: если молекулы способны поглощать радиоволны, значит они могут и излучать их?

Если за счет радиоволн они пополняют свой запас энергии, значит они могут и отдавать ее опять-таки в виде радиоволн?

Долгое время эта задача казалась неразрешимой.

Не было известно даже путей, по которым можно было бы надеяться подойти к этой цели. Это и увлекло Басова и Прохорова.

КОСМИЧЕСКИЙ БИЛЬЯРД

В 1945 году голландский астрофизик Ван де Холст высказал предположение, что атомы водорода, находящиеся в межзвездном пространстве, излучают радиоволны длиной около 21 сантиметра. Это не было домыслом, догадкой. Так показали ему строгие математические расчеты.

Путем математического же анализа была получена еще одна, совершенно парадоксальная цифра, касающаяся характера этого излучения. Советский ученый И. С. Шкловский вычислил, что каждый атом межзвездного водорода, летая в свободном пространстве, может излучить радиоволну всего один раз за 10 миллионов лет!

Не будем вспоминать о всех возражениях и спорах, которыми были встречены прогнозы о космическом излучении водорода. Скажем о главном. Было ясно, что энергия, излучаемая отдельным атомом, очень мала. Казалось, нет никакой возможности уловить ее. Нет даже столь чувствительных радиоприемников. Но положение спасли размеры нашей Галактики. Они столь велики, что излучение от отдельных атомов, находящихся, если можно так выразиться, на луче зрения, складывается в весьма заметную величину. Вот это-то суммарное излучение и удалось зафиксировать современными чувствительными приборами.

Так прогнозы Холста блестяще подтвердились. Радиоволны длиной в 21 сантиметр теперь систематически принимаются радиоастрономами из глубин вселенной.

Открытие излучения межзвездного водорода было большой научной сенсацией. И читавшему лекции по физике Прохорову, еще далекому от увлечения молекулярным генератором, не раз приходилось отвечать

на градом сыпавшиеся вопросы студентов. Часто отвлекаясь от текущей темы, он рассказывал им о беспокойной, полной превратностей судьбе крошечных частичек огромных звезд, брошенных в вечное странствие гигантскими космическими катастрофами.

Прохоров рисовал картину бесконечных просторов вселенной, где наряду с гигантскими светилами то «вспыхивают», то «потухают» точечки атомов водорода. Он рассказывал, что, затратив на излучение радиоволны часть своей энергии, атом, не дожидаясь 10 миллионов лет, может опять получить возможность излучать, столкнувшись с другим атомом и отобрав у него часть энергии. Так бывает и при столкновении бильярдных шаров, когда один шар замедлит или ускорит движение другого, отобрав или сообщив ему энергию.

Атомы водорода могут также встретить на своем пути поток электромагнитной энергии и пополнить запасы своей энергии за ее счет. Так песчинки, подхваченные вихрем, черпают у него новые силы.

А получив дополнительную энергию, атом водорода может снова излучить сигнал тотчас или через некоторое время.

Что же в этом удивительного? —замечал ученый. Даже в таком разреженном газе, как межзвездный водород, где на каждый кубический сантиметр объема едва приходится по одному атому, они все же встречаются друг с другом. Они не изолированы и от внешних воздействий. Время от времени атомы неизбежно сталкиваются между собой, на них воздействуют свет и другие виды электромагнитной энергии. Поэтому-то даже совершенно одинаковые по своему строению атомы водорода различаются своими энергиями.

Лектор обращал внимание студентов, еще не очень искушенных в тонкостях науки, на законы природы, которые заставляют атомы стремиться «успокоиться», отделаться от избытка энергии. Стремиться к состоянию с наименьшим запасом энергии.

Будущие физики еще не очень чувствовали, но уже понимали, что такое состояние для атомов яв-

ляется основным, наиболее устойчивым. В таком блаженном состоянии внутреннего покоя (а это отнюдь не значит, что атом неподвижен. Этого в природе не бывает — это знали даже не отличники) атом может находиться очень долго, пока его не побеспокоят другие атомы или не облучит электромагнитная волна. Короче говоря, пока он не подвергнется внешнему воздействию. Пока ему не навяжет часть своей энергии подвернувшийся на его пути собрат, стремящийся от нее отделаться и тоже прийти в вожделенное состояние успокоенности. Что ж тогда останется делать нашему атому, как не подчиниться обстоятельствам и взвалить на свои плечи груз дополнительной энергии? Взвалить с тем, чтобы со временем последовать тому же примеру: излучить ее в виде электромагнитной волны или передать встречному атому.

— А какова же судьба энергии, потерянной атомом? — перебивал нетерпеливый студент. — Что произойдет дальше с порцией энергии, рожденной таким образом?

— Меньше всего вероятно, — отвечал Александр Михайлович, — что ей удастся долго пропутешествовать в космосе невредимой. Скорее всего на своем пути она встретится с обессиленным атомом, который тотчас поглотит ее и тем самым придет в состояние возбуждения, с тем чтобы дальше все повторилось в той же последовательности.

— А что станется с нашим первым атомом?

— Вероятно, он снова при первом же удобном случае пополнит свою энергию и получит новую возможность излучать.

ЗАМАНЧИВАЯ ИДЕЯ

Так или приблизительно так рассказывал Прохоров своим студентам. Очень высокий, сутулясь, прохаживался он между рядами парт, все убыстряя шаг, все более увлекаясь. И с удивлением замечал, что параллельно с его рассказом мысли его вели свой

не слышный никому разговор, отыскивая в том же круге идей опорную точку для своей, еще смутной цели. Так зреет зерно, брошенное в благодатную почву.

Атом — своеобразный естественный генератор радиоволн!.. К этой мысли надо было привыкнуть. Ведь с понятием радиотехнического прибора связаны громоздкие ящики, набитые электронными лампами, катушками индуктивностей, трубочками сопротивлений, конденсаторами, источниками электропитания.

А тут невидимая крупица материи. Но с какими необыкновенными свойствами! Электронные лампы и детали изнашиваются, портятся. Атом же вечен! Он не старится, не срабатывается. Если его изолировать от внешних воздействий, он никогда не изменит длину излучаемой волны. Это генератор, созданный самой природой, самый устойчивый и неизменный в своей работе прибор. А сколько труда стоят попытки сконструировать неизменные, или, как говорят инженеры, стабильные, генераторы радиоволн!

Да, атом в роли радиопередатчика — идея заманчивая...

Надо сказать, что она приходила на ум не только Прохорову. Когда ученые убедились, что излучающие радиоволны атомы космического водорода не химера, было естественно оценить, нельзя ли добиться того же в лаборатории. Нельзя ли использовать эти атомы в виде реальных генераторов радиоволн для практических целей.

Действительно, а если собрать в сосуде столько атомов водорода, чтобы излучение от них составило изрядную величину? Можно ли таким путем создать земной атомный генератор радиоволн?

К сожалению, нет. Упрямая природа протестовала против такого намерения. Заключенный в сосуд газ не был бы столь разреженным, как в межзвездном пространстве. Атомы водорода непременно сталкивались бы между собой и со стенками сосуда. В результате, каково ни было бы начальное состояние, вскоре число поглощающих атомов стало бы боль-

шим, чем число излучающих. Кроме того, в результате взаимных столкновений атомы водорода неизбежно соединились бы в молекулы. А молекулам водорода природа придала совершенно иную структуру, неспособную к излучению радиоволн.

Таким образом, атомы водорода, соединившись в молекулы, теряют свое замечательное свойство.

Надо признаться, такой опыт ученые не проводили. Бессмысленность его постановки была совершенно ясна. Зато теоретики предсказали, что генераторами радиоволн могут быть молекулы других веществ.

КОРМ ПОДЕШЕВЛЕ

Впрочем, эта мысль была не нова. Еще Эйнштейн открыл, что молекулы, попавшие в электромагнитное поле, способны не только впитывать энергию в виде порций квантов, но и выделять поглощенные кванты под действием внешнего поля. Но какой в этом прок? Энергия одиночного кванта так ничтожно мала, что не заслуживает внимания практика. Разве одной электрической лампочкой можно осветить город? Только тысячи одновременно сияющих ламп могут выполнить эту задачу.

Как бы заставить молекулы вспыхнуть разом! Это так увлекало, что не жаль было многих и многих часов, отданных размышлениям. А размышления зачастую окутывались в одежды, сотканные из формул и уравнений. Формулы спорили, часто противоречили одна другой и приводили в отчаяние ученых, которые их писали. А иногда формулы вдруг соглашались друг с другом, ободряли и сулили надежду.

Уравнения подтвердили, что молекулы могут излучать такие постоянные по частоте радиоволны, каких не дает ни один из ранее созданных приборов. Что молекулы никогда не старятся и всегда будут вести свою радиопередачу на строго фиксированной волне, что молекула — самая совершенная и долговечная в природе радиостанция. Словом, если заставить молекулы дружно высвечивать радиоволны, то

они будут обладать чрезвычайно ценными свойствами. За это стоило бороться.

Басов и Прохоров оказались в положении людей, которые знают, что струны скрипки способны чарующе звучать, но не могут научиться извлекать из них нужные звуки.

Иногда размышления принимали такие реальные очертания, что казалось, сами молекулы подсказывали ученым: «Чтобы отдать людям свою энергию, мы должны обладать ее запасом. А ведь мы разные. Есть среди нас совсем слабенькие, и слабых больше, чем сильных».

Действительно! В толпе на улице есть энергичные люди, шагающие бодрой походкой, и просто гуляющие, и старушки, с трудом преодолевающие даже ровную дорогу. Так же и молекулы в веществе. Химически они подобны, они все молекулы одного и того же вещества, но обладают различной энергией. Чтобы все молекулы стали энергичными, в них надо вселить бодрость!

Может возникнуть вопрос: что же это за переливание из пустого в порожнее? Снабдить молекулы энергией, чтобы они потом ее же и отдали? Ну, нет! Чтобы получить гусиное сало, гуся вовсе не кормят салом. Для этого есть более дешевые продукты. Чтобы получить от молекул радиоволны, их совсем не обязательно кормить радиоволнами такой же ценности. Для этого можно найти корм попроще. Их можно и освещать, и нагревать, и снабжать энергией другими способами. Все дело в том, чтобы дешевыми средствами получить радиоволны, драгоценные по качеству. А с точки зрения радистов основная ценность радиоволн заключается в их стабильности — постоянстве излучаемой частоты.

«А что, если пойти по другому пути? Что, если разделить молекулы, обладающие разной энергией?» — мелькнула догадка у молодых исследователей.

Так они взвалили себе на плечи задачу, которая была не по силам даже дьяволу Максвелла.

ЭН-АШ-ТРИ

Все дальнейшее в этом рассказе будет связано с аммиаком. Неприятный резкий запах нашатырного спирта — это запах аммиака. Для радиоспектроскопии аммиак так же важен, как рычаг для механики. Молекулы аммиака поглощают сантиметровые радиоволны гораздо сильнее, чем все другие молекулы. Поэтому эти молекулы исследованы очень подробно. Почти все новые идеи в радиоспектроскопии проверяются с помощью молекул аммиака.

Радиоспектроскописты знают их строение так хорошо, как будто они не только видели, но измеряли их линейкой и циркулем. Молекула аммиака проста и изящна. По сравнению с громоздкими формами некоторых иных молекул она устроена предельно лаконично.

Атом азота и три атома водорода. Вот и все.

Представьте себе маленькую трехгранную пирамиду. В трех ее нижних вершинах расположено по атому водорода. Расстояние между атомами азота и каждым из атомов водорода равно примерно одной десятимиллионной доле миллиметра (точнее 1,014 этой доли). Угол при вершине пирамиды тоже хорошо известен — он равен 106 градусам и 47 минутам.

Не правда ли, сухие цифры, и их при чтении хочется пропустить? Но не торопитесь. Вспомните, того, что так точно измерено, никогда не касалась рука человека, не видел глаз!

Молекулы аммиака, собранные в сосуде, вращаются наподобие волчков. И чем быстрее вращается молекула, тем более активной, более сильной она является. Тем большим запасом энергии она обладает.

А кто же снабжает ее этой энергией? Ее же сестры. Они так суетятся, беспорядочно снуют в разные стороны, что не мудрено и столкнуться друг с другом. И вот одна, обессиленная, приостановится, а другая закрутится еще быстрее.

Впрочем, бывают и встречи с электромагнитной волной, с которой молекула может обменяться энер-

гией. Например, если молекула аммиака попадет в поле радиоволны длиной около 0,5 мм, она с удовольствием проглотит часть энергии этой волны и за этот счет ускорит свое вращение.

Но возможен и противоположный процесс: радиоволна может затормозить вращение молекулы, отобрать у нее часть энергии и за ее счет пополнить свои запасы.

И насколько важен именно этот случай, насколько близки мы при этом к вожделенной мечте ученых — созданию молекулярного генератора радиоволн, — будет ясно из дальнейшего.

Помните? Обмен энергией между электромагнитным полем и молекулой подчиняется особым законам. Каждая молекула может взаимодействовать не с любыми радиоволнами, а только с некоторыми, обладающими подходящей длиной волны.

Наблюдая отношения молекул аммиака с радиоволнами, замечая, как они выбирают из множества типов радиоволн определенные, ученым удалось набросать черты характера и портрет невидимой молекулы аммиака. Удалось разузнать кое-что о ее строении. Но заставить ее излучать радиоволны длиною 0,5 миллиметра все же не удалось. Сила излучения оказалась слишком ничтожной, чтобы ее можно было заметить.

НЕЗРИМАЯ ПИРАМИДА

Физики не только определили форму молекулы аммиака и измерили величину этой мельчайшей пирамиды, но и установили, что она не может считаться чем-то подобным твердому телу.

Атом азота и три атома водорода, входящие в эту молекулу, удерживаются на своих местах силами электрического взаимодействия. Когда эти атомы объединяются в молекулы, они делятся своим имуществом. Электроны, ранее принадлежащие атомам водорода, обобществляются. В молекуле аммиака эти электроны одновременно принадлежат и атомам во-

дорода и атому азота. Эти электроны как бы стягивают невидимыми пружинами ядра всех четырех атомов.

В молекуле не утихает борьба двух противоположных сил. Электрические силы, которыми электроны стягивают ядра атомов, встречаются с противодействием других невидимых сил. Положительные заряды ядер отталкивают друг друга и не дают ядрам сблизиться вплотную. Можно представить себе, что между ядрами натянуты невидимые пружинки, так что ядра оказываются как бы закрепленными между набором сжимающих и расталкивающих их пружин.

Но тела, скрепленные пружинами, не закреплены намертво. Они могут колебаться около той точки, в которой они закреплены. Так же обстоит дело и с атомами, входящими в молекулу. Они тоже могут колебаться вокруг своих положений равновесия. Далеко разойтись они не могут, так как их стягивают между собой электроны. Сильно сблизиться между собой они тоже не могут, так как их расталкивают одноименные заряды ядер.

Таким образом, все ядра в большей или меньшей степени колеблются вокруг своего положения равновесия.

И если бы мы могли увидеть молекулу аммиака, то атомы представились бы нам туманными пятнышками, размеры которых зависят от размахов их колебаний.

Присмотревшись внимательней, мы заметили бы, что размеры туманных пятнышек внезапно меняются. Они то увеличиваются, то уменьшаются.

Это значит — колебательное движение может становиться то сильнее, то слабее. Значит, может изменяться не только вращательная, но и колебательная энергия молекулы аммиака?

Да, изменения колебательной энергии тоже могут быть вызваны как столкновением с другой молекулой, так и поглощением или излучением электромагнитной волны. Только это уже не волны радиодиапазона. Они принадлежат к области инфракрасного света.

Это было опять не то, что искали наши ученые. Им хотелось создать генератор радиоволн, а вовсе не источник инфракрасных лучей. И если бы на этом кончились особенности загадочной пирамиды, она не была бы избранницей Басова и Прохорова и, следовательно, не стала бы героиней нашего рассказа.

О том, что так привлекло к ней внимание, из-за чего ей было отдано столько надежд, и не напрасно, пойдет речь дальше.

В РОЛИ ПЕРЧАТКИ

Если бы наше зрение обрело способность заглянуть в микромир молекулы аммиака, нам открылась бы поразительная картина. Молекула иногда внезапно меняет свой вид. Она вдруг выворачивается наизнанку, как перчатка! Атом азота неожиданно оказывается лежащим не над треугольником атомов водорода, а под ним. Затем столь же внезапно все возвращается в исходное положение, атом азота оказывается на первоначальном месте. Мы как бы видим молекулу и ее зеркальное изображение.

Это повторяется неоднократно. Самое удивительное заключается в том, что такое перемещение происходит отнюдь не в результате поворота молекулы. Все происходит так, как если бы атом азота проскакивал между атомами водорода. Но так как атом азота более чем в четыре раза тяжелее, чем три атома водорода, вместе взятые, то правильнее было бы сказать, что треугольник с атомами водорода в его вершинах оказывается то с одной, то с другой стороны атома азота.

Инверсия — таким красивым словом назвали ученые это явление. Инверсионный переход. И вот оказывается, такой переход возможен только в молекулах. Ни в одном из тел крупных размеров он невозможен. То есть не может происходить сам по себе.

Когда кто-нибудь высказывал сомнения по этому поводу, Прохоров легко рассеивал их, предлагая посмотреть на модель молекулы аммиака. Ее можно,

говорил он, изготовить из трех маленьких и одного большого шарика, связанных пружинками так, чтобы они образовали пирамиду. Чтобы произвести инверсию, то есть продавить один шарик между тремя остальными, нужно было бы приложить какую-то силу. Сжать пружины не так-то легко. Если же это удастся, то шарик займет новое положение равновесия и отнюдь не будет стремиться возвратиться обратно. Для его возвращения необходимо было бы проделать всю работу сначала.

В молекуле же инверсионные переходы осуществляются сравнительно часто и без всякой видимой причины. Причем они происходят самопроизвольно, без воздействия со стороны.

Тут мы подходим к главному. Эта инверсия оказывается виновницей того, что молекула аммиака способна произвести на свет еще одну серию электромагнитных волн, помимо тех, о которых мы уже говорили. Эти радиоволны длиной около 1,25 сантиметра, расположенные в удобном для работы диапазоне, вполне устраивали ученых. Это было как раз то, что они искали...

...Что же, это конец поисков и нашей истории? О нет! Это начало новых трудностей. Это ответ, который порождает следующий вопрос. Этот этап был только отправной точкой для создания молекулярных генераторов радиоволн.

НОВЫЕ ТРУДНОСТИ

Если бы молекулы аммиака свободно летали в пустом пространстве, не сталкиваясь между собой и не взаимодействуя с электромагнитными волнами, все они со временем совершили бы вожделенный переход в состояние с меньшей энергией. Ведь такое стремление является законом для всех молекул. И молекулы аммиака тут не составляют исключения.

Но молекулы сталкиваются между собой, взаимодействуют с электромагнитными волнами, поглощая или отдавая энергию. Поэтому среди них есть моле-

кулы и с малым и с большим запасом энергии. Однако первых всегда больше. Поэтому ни один из газов в обычном состоянии не способен излучать радиоволны: молекул-приемников в нем гораздо больше, чем молекул-передатчиков. И вот тут-то и крылся камень преткновения.

Как же привести газ в такое состояние, когда молекул-передатчиков станет больше, чем молекул-приемников? И можно ли сделать так, чтобы молекул, готовых отдать избыток энергии, было больше, чем молекул, стремящихся поглотить ее? Можно ли добиться этого, не нагревая газ, не вводя в него энергию извне?

Мне представляется, что при этих разговорах незримо присутствовал и злорадно улыбался дьявол Максвелла...

Мне представляется и тот момент, когда ученых осенила блестящая догадка: а нужно ли именно так поступать с молекулами? Не лучше ли просто отделить одних от других, слабых от сильных, чтобы они не мешали друг другу? И тут-то наверняка потрясенный дьявол сник и съежился и, как полагается любому носителю скепсиса, приготовился провалиться сквозь землю...

Теперь невозможно установить, кто из них — Басов или Прохоров — первым сказал «эврика». Важно, что эта идея спасла всю проблему. За эту мысль и ухватились ученые. Ведь она могла обернуться мостом между возможным и невозможным, между мечтой и действительностью, между теорией и практикой...

С этого момента Басов и Прохоров почувствовали твердую уверенность — надо избрать этот путь. Другого пока нет.

Но как это осуществить? Разделить можно яблоки: по цвету, величине, по спелости. Собак — по масти, росту; монеты — по стоимости. Разделить можно почти любые видимые предметы. Но как это сделать с невидимыми, абсолютно похожими друг на друга молекулами? Как в одну сторону отогнать слабеньких, в другую — сильных? Когда думаешь об этом,

задача кажется просто фантастической, немыслимой — как, чем здесь орудовать?!

Но, как ни странно, эта часть работы вовсе не оказалась самой трудной. Решение было под рукой, в арсенале уже промытого учеными золота истин — бери, используй.

БЕЗ ДЬЯВОЛА

В мае 1952 года на Всесоюзной конференции по радиоспектроскопии Басов рассказал о способе, которым они решили воспользоваться, чтобы отделить молекулы, готовые излучать энергию, от молекул, стремящихся ее поглотить. Он волновался и, стоя на трибуне, незаметно перебирал обычно такими твердыми и точными в работе, а сейчас неуверенными руками страницы доклада, написанного вместе с Прохоровым.

Задолго до этого публичного экзамена они обсудили и продумали свое сообщение. Наши герои заделывали все маленькие и большие бреши сомнений, старались предугадать вопросы маститых физиков и придумывали заранее ответы, которые должны были рассеять недоверие.

Басова слушали виднейшие физики современности, слушали с огромным вниманием...

Многие замечательные открытия и изобретения, после того как они уже сделаны, кажутся очень простыми. Когда о них узнаешь, невольно приходит мысль: как же до этого не додумались раньше? Ведь главное в этом уже давно известно. Так думали современники братьев Черепановых, поставивших паровую машину на повозку и соединивших маховик с колесами. Так думают и многие из нас, узнавая о новых свершениях науки и техники. Так думал не один ученый, прислушиваясь к докладу молодого физика. А он все рассказывал, стараясь преодолеть робость и смущение.

...Способ сортировки молекул с различной энергией был известен после работ немецкого ученого Штерна

и применялся в некоторых лабораториях. Физики использовали то обстоятельство, что многие молекулы и атомы ведут себя как крошечные магнитики. Причем их поведение в магнитном поле тесно связано с величиной внутренней энергии атома или молекулы. Слабенькие молекулы и магнитные «способности» имеют небольшие. Сильные, обладающие большим запасом энергии, и магнитную силу имеют более значительную.

На этом и решил сыграть Штерн. Он предложил выпускать пучок атомов серебра между полюсами сильного магнита так, чтобы они пересекали силовые линии магнитного поля. Штерн организовал, таким образом, «естественный» отбор, который должны пройти атомы. А чтобы они не могли мешать друг другу, он решил выпускать их в пустоту через узкую щель по очереди. Так они могли лететь, не сталкиваясь между собой.

Когда впервые был поставлен этот опыт, зрители могли воочию наблюдать картину «борьбы» между атомами серебра и силовым полем магнита. Водоворот магнитного поля захлестывал их, как прибой пловцов. Сильные пловцы обычно выбираются на берег, а слабых втягивает в пучину. Так и стихия магнитных сил по-своему расправлялась с атомами серебра. Более слабые из них втягивались в область сильного магнитного поля, другие, более сильные, выталкивались из этой области. Поле рассортировало атомы. Оно оказалось своеобразным стрелочником, направляющим по различным путям атомы с различным запасом энергии.

Со временем было обнаружено, что сортировка возможна и для молекул, не обладающих заметными магнитными свойствами, но являющихся в некотором отношении электрическими аналогами магнитной стрелки.

Имеется большое количество молекул — их называют дипольными, — которые построены так, что входящие в них положительные и отрицательные заряды немного сдвинуты в пространстве. Такие молекулы можно уподобить маленькой палочке, один конец ко-

торой имеет положительный заряд, а другой — отрицательный. На школьных уроках физики часто показывают опыт с наэлектризованными палочками, сделанными из сердцевины веток бузины.

Если пучок, то есть поток не сталкивающихся между собой дипольных молекул, пропускать между пластинами электрического конденсатора так, чтобы они летели вдоль пластин, пересекая поле, если придать пластинам подходящую форму, то пучок молекул расщепится на ряд пучков в зависимости от энергии молекул.

Так физики, используя свойства молекул и свойства электрических и магнитных полей, научились делать то, что Максвелл считал выходящим за пределы человеческих возможностей. Они научились сортировать молекулы. Отбирать из сосуда с молекулами те из них, которые обладают определенными энергетическими свойствами, например те, энергия которых больше, чем у остальных. Физики уже не раз использовали эту возможность для изучения строения молекул, атомов и атомных ядер.

ДАРОМ НИЧЕГО НЕ ДАЕТСЯ

Итак, первая часть пути была проторенной. По ней и пошли московские физики. Они решили направить пучок молекул аммиака через электрический конденсатор специальной формы, создающий сильное электрическое поле. Под действием этого поля пучок распадется на несколько пучков, в каждом из которых будут лететь молекулы с различными запасами энергии. Теперь можно с помощью заслонки с отверстием отделить тот пучок, в котором летят нужные молекулы — молекулы, обладающие высоким уровнем энергии, готовые излучить часть энергии, если они попадут в подходящие для этого условия.

Наконец можно было вздохнуть с облегчением — проблема сортировки была решена. Но...

Может возникнуть вопрос: не является ли эта сортировка, приводящая к отделению молекул более

энергичных от менее энергичных, вызовом второму закону термодинамики? Не попали ли Басов и Прохоров со своей работой в компанию его нарушителей?

Или Максвелл ошибся? Неужели удалось осуществить то, что он считал невозможным?

Нет, дело не в этом.

Конечно, нет.

Дело в том, что конденсатор, который на первый взгляд так же могуществен, как Максвеллов дьявол, выбирает молекулы не из сосуда, где они мечутся в беспорядке. Эти молекулы не вьются вокруг конденсатора хаотически, как бывает в естественных условиях, а их специально предварительно загнали в сосуд, сжали большим давлением, а уж потом выпустили из сосуда через диафрагму с отверстиями поочередно, подвели под самый нос конденсатора, и ему осталось лишь их опознать.

И на то, чтобы сжать газ, уже была затрачена энергия. Без затраты энергии это смог бы сделать только дьявол. Вернее, этого хотели от него добиться изобретатели теплового вечного двигателя.

Басов и Прохоров, применив сортировку молекул, вовсе и не стремились получить энергию, да еще бесплатно. Но они получили не менее ценный результат — пучок молекул, способный излучать радиоволны. Пучок, в котором молекулы-передатчики отделены от нахлебников — молекул-приемников, способных лишь поглощать энергию.

Таким образом, Басов и Прохоров не шли против законов природы, не получали энергию из ничего. Они, честно затратив ее и использовав законы природы, шли к своей цели.

А целью была вовсе не сама сортировка. Это было лишь промежуточным этапом. Получить пучок молекул, обладающих избыточной энергией, было далеко не все. Надо было, чтобы молекулы излучили эту энергию в виде радиоволны; молекулы же, свободно летящие в таком пучке, отнюдь не стремятся немедленно излучить свою избыточную энергию. В таких усло-

виях они могли бы лететь около года, прежде чем половина из них излучит радиоволны. А за это время молекулы могут пролететь сотни миллионов километров.

В сосуде же приемлемых размеров время полета молекул составляет примерно одну десятитысячную или в крайнем случае одну тысячную долю секунды. Поэтому излучить радиоволны за это время успеет только одна из каждого миллиарда пролетающих молекул.

Ясно, что мощность радиоволн, излучаемых таким ничтожным количеством молекул, столь мала, что ее невозможно обнаружить. Как же тогда заставить молекулы излучать внутри небольшого прибора? Ясно, это была нелегкая проблема.

Да и разрешима ли она вообще? Не так ли она безнадежна, как создание галактического генератора на атомах водорода?

Не будем гадать. Посмотрим, как справились с ней Басов и Прохоров.

РАДИОБОЧКА

Где же выход? — задавали они друг другу один и тот же вопрос. Как заставить молекулы излучать имеющийся у них избыток энергии за малое время, не прибегая к вспомогательным источникам радиоволн?

Как видите, природа выдвигает все новые и новые препятствия на пути исследователей. Но если природа неисчерпаема, то неисчерпаема и человеческая изобретательность.

Нужно, решили наши герои, создать такие условия, чтобы сами молекулы заставляли друг друга излучать. Нужно создать процесс, который можно уподобить цепной реакции, например реакции горения. Одна частица горючего, воспламенившись, поджигает другие, и в результате в горелке возникает пламя. Это пламя будет бушевать до тех пор, пока подается горючее.

Сделаем так, сказали они, чтобы одна молекула, излучив энергию, заставила этим излучать и другие молекулы. Чтобы все они оказались вынужденными принять участие в этом процессе.

Это можно сделать, но не в свободном пространстве, а заставив молекулы пролетать сквозь полость в куске металла, через своего рода металлическую бочку.

Крикните в пустую бочку — она тотчас ответит вам гулким басом. Пустая бочка из сложных звуков, например из шума, выделяет и подчеркивает в основном басовые тона. Это происходит потому, что воздух, заключенный в бочке, способен к интенсивным колебаниям именно с частотой этих звуков.

Если сделать металлическую коробку, она будет резонировать с радиоволнами примерно так же, как пустая бочка или органная труба со звуком. Такую металлическую полость радиоинженеры называют объемным резонатором. Каждый объемный резонатор откликается только на радиоволны вполне определенных частот. Если в него попадают радиоволны этих частот, поле внутри резонатора усиливается. Тем самым металлическая полость способна накапливать сравнительно большие запасы электромагнитной энергии.

Даже если в резонатор не поступает электромагнитная энергия извне, в нем всегда присутствует слабое электромагнитное поле, создаваемое даже при комнатной температуре тепловым излучением стенок резонатора.

Если заставить молекулы какого-либо газа, находящиеся на высшем энергетическом уровне, пролетать сквозь резонатор, то они попадут под действие слабого электромагнитного поля, создаваемого тепловым излучением нагретых стенок. Хотя это поле и слабо, тем не менее оно заставит молекулы излучать свою энергию за гораздо меньшее время, чем в свободном пространстве. Многие из них успеют излучить радиоволны во время пролета в резонаторе, и излученная энергия останется внутри него. Таким путем резонатор посте-

пенно накапливает энергию, излучаемую пролетающими сквозь него молекулами.

Благодаря этому электромагнитное поле внутри резонатора все более возрастает, а это приводит к еще более сильному воздействию поля на новые молекулы, пролетающие через резонатор.

Если энергия, ежесекундно вносимая в резонатор пучком молекул, больше, чем обычные потери энергии в резонаторе и связанных с ним устройствах, то процесс возрастания поля в резонаторе вполне подобен самовозбуждению обычного лампового генератора. Возрастание поля продолжается до тех пор, пока ровно половина молекул, ежесекундно влетающих в резонатор, не будет излучать в нем свою энергию в виде радиоволн.

Так ученые не только рассортировали нужные молекулы от ненужных, но и заставили их излучать свою энергию внутри объемного резонатора. Так был создан молекулярный генератор радиоволн.

ДЛЯ ЧЕГО?

Итак, молекулярный генератор создан. Молекулы отдают свою энергию в виде энергии радиоволн.

Но какова же эта энергия, какова мощность нового прибора? Оказывается, очень невелика. Например, современные радиовещательные станции излучают волны мощностью в сотни тысяч ватт; чтобы зажглась лампочка карманного фонаря, нужна мощность всего в один ватт. Мощность же молекулярного генератора в миллиард раз меньше.

Кому же нужен такой генератор с мощностью комариных крыльев!

Но ценность нового прибора вовсе не в его мощности. Он и не претендует на замену других источников радиоволн. Замечательная его особенность совсем в ином. Он незаменим там, где нужна предельная устойчивость в работе и постоянные по частоте колебания. И в этом ему нет равных. Два таких прибора,

построенных и пущенных в ход совершенно независимо один от другого, будут излучать настолько постоянные радиоволны, что частота их не различается между собой более чем на одну десятимиллиардную часть. Исследователи уверены, что эта точность может быть увеличена еще в сто раз!

Это значит, что с помощью молекулярного генератора могут быть созданы часы, ход которых практически не нуждается в регулировке и сверке с астрономическими наблюдениями. Проработав без остановки тысячу лет, они разойдутся с астрономическим временем не больше чем на одну секунду.

Конечно, такие точные часы не нужны в повседневной жизни, но ряд областей науки и техники крайне заинтересован в повышении точности измерения времени. В первую очередь в этом нуждаются некоторые отрасли радиотехники, штурманы кораблей и самолетов, астрономы.

Если штурман летит при отсутствии видимости, то он не может пользоваться ни земными ориентирами, ни звездами. Ориентируется он с помощью радио, например отсчитывая число радиоволн, укладывающихся между радиостанцией и тем местом, где он находится. Но по ряду причин, связанных с особенностью распространения радиоволн, в некоторых случаях пригодны только очень длинные волны. При этом для точного определения расстояния нужно иметь возможность отмерять малые доли длины волны, а это возможно, только если и наземная радиостанция и штурманский прибор содержат в себе чрезвычайно стабильные генераторы, например молекулярные.

Ученые стремятся повысить точность часов и для того, чтобы произвести один небывалый опыт. Дело в том, что общая теория относительности А. Эйнштейна, которая, по существу, является теорией тяготения, говорит о том, что скорость течения времени не везде одинакова. Вблизи больших масс, например на крупных звездах, время течет медленнее, чем вдали от них. В частности, время на Земле, на Солнце или на других звездах течет не одинаково.

Астрономы, измеряя положение спектральных линий в спектре одной из звезд — небольшого спутника самой яркой звезды Сириуса, действительно обнаружили, что все линии этого спектра смещены к его красному концу. Это смещение свидетельствует о том, что все процессы в атомах на этой звезде идут заметно медленнее, чем такие же процессы на Земле.

Но теория предсказывает, что даже на самой Земле время течет не везде одинаково. Например, часы, помещенные в глубокую шахту, должны идти на одну десятитысячную от одной миллиардной доли медленнее, чем такие же часы, помещенные на высокой горе.

Если же часы поместить на искусственном спутнике, вращающемся на высоте 42 тысяч километров над Землей, то различие увеличится почти в 600 раз. Эта разница невелика, но возможность усовершенствования молекулярного генератора дает надежду измерить ее, что позволило бы еще раз проверить справедливость предсказания общей теории относительности.

Молекулярный генератор решает и еще одну важную проблему: он позволяет объединить эталон длины и времени. Позволяет создать естественный эталон времени, связав секунду с периодом электромагнитных волн, излучаемых молекулярным генератором. Если за эталон длины взять длину волны молекулярного генератора, а за эталон частоты — частоту его колебаний, то окажется, что эталоном длины и частоты служит один и тот же физический процесс — излучение молекул в молекулярном генераторе. Но частота колебаний — это величина, обратная периоду. Поэтому за единицу времени можно будет взять длительность периода молекулярного генератора.

Такой необычный эталон является самым неизменным хранителем времени. И кроме того, его легко воспроизвести. Он может быть построен в любом городе и обеспечит строго постоянную единицу времени, не требуя никакого сличения с другими эталонами.

ИЗ КОСМОСА В ЛАБОРАТОРИЮ

Но ученые, конечно, не удовлетворились одним типом столь многообещающего прибора. Они начали исследовать целый ряд других веществ в поисках еще более удачных и податливых молекул. Среди них были даже молекулы страшного яда — синильной кислоты и молекулы тривиальной воды, молекулы формальдегида и многие другие. Молекулярные генераторы стали появляться во многих странах, как грибы после дождичка.

И тут круг замкнулся. Мысль ученых вернулась к исходной точке размышлений, к печке, от которой начался танец. Вновь возродилась мечта о... водородном генераторе.

Особенно загорелся этой мыслью один из опытнейших исследователей атомных и молекулярных пучков, американский профессор Норман Рэмси. Он решил, что пришла пора воссоздать радиоизлучение космического водорода в лаборатории. В свете опыта, полученного с молекулярными генераторами, ему было ясно, что для этого необходимо создать упорядоченный пучок атомов водорода, найти способ сортировать атомы этого пучка, отличающиеся запасом внутренней энергии, и направить отсортированные атомы в резонатор, где они должны излучать избыточную энергию в виде радиоволн.

В земных условиях свободный водород существует только в виде молекул, состоящих из двух атомов. Поэтому первой задачей было получение атомарного водорода. Несмотря на то, что химики знают много реакций, каждый элементарный акт которых приводит к освобождению атома водорода, химия не могла помочь делу: атомы водорода быстро находили друг друга и вновь соединялись в молекулы.

Пришлось обратиться к физике. Одним из удобных способов было применение электрического разряда. Поддерживая электрический разряд в разреженном газообразном водороде, можно создать такие условия, когда электрические силы разрывают молекулы водорода на отдельные атомы. Решив первую

задачу, Рэмси перешел ко второй — созданию пучка атомов водорода.

Эта задача оказалась не сложной. Достаточно было при помощи узких каналов — капилляров соединить область разряда с пространством, в котором мощные насосы поддерживали высокий вакуум, и из каналов в вакуум начал вылетать пучок атомов водорода. Конечно, в этом пучке присутствовали и атомы-передатчики и атомы-приемники, причем, как всегда, последних было больше.

Третьим шагом была сортировка. Но атомы, как известно, электрически нейтральны, и центр тяжести отрицательного заряда электронов в них совпадает с центром положительного заряда ядра. Поэтому атомы невозможно сортировать при помощи электрических полей.

К счастью, атомы водорода обладают свойствами маленьких магнитиков. Если бы мы могли рассмотреть такой магнитик, то увидели бы, что он не простой, а составной. И ядро атома водорода — протон и электрон, вращающиеся вокруг него, сами являются элементарными магнитиками. Причем магнитик-электрон почти в две тысячи раз сильнее магнитика-протона. Образующиеся из двух таких магнитиков магнитики-водороды могут быть двух сортов. В одном сорте магнитики-электроны и магнитики-протоны направлены одинаково, и поэтому их действие складывается, а в другом сорте они направлены противоположно, и поэтому их электрическое действие вычитается. В результате атомы водорода образуют два сорта, отличающиеся своим поведением в магнитном поле.

Этим и воспользовался Рэмси для сортировки атомов водорода. Он создал неоднородное магнитное поле, по своим свойствам напоминающее поле электрического конденсатора молекулярного генератора. В этом поле атомы водорода, способные излучать радиоволны, собираются к оси магнитного поля, а атомы, стремящиеся поглотить их, отобрать у поля энергию, отбрасываются в стороны.

Теперь осталось поставить на пути отсортирован-

ного пучка объемный резонатор, настроенный на волну 21 сантиметр, и «космическое радиоизлучение» должно было возникнуть в лаборатории. Но...

НЕТ ЛЕГКИХ ПОБЕД

Но природа не любит легких побед, а опытный ученый не может надеяться на то, что победа будет легкой. Расчет показал, что самый лучший резонатор недостаточно хорош для того, чтобы самый сильный пучок атомов водорода, который может быть практически получен, преодолел потери в резонаторе и вызвал в нем цепную реакцию генерации радиоволн. Атомы водорода в 17 раз легче молекул аммиака и поэтому при той же температуре летят в четыре раза быстрее. Кроме того, их магнитная энергия много меньше, чем электрическая энергия молекулы аммиака.

Но если самый лучший пучок не может возбудить самый лучший резонатор, такое решение задачи приведет, конечно, в самый настоящий тупик. «Стенкой» этого тупика была задняя стенка резонатора, в которую ударялись атомы водорода, так и не успев отдать его полю избыток своей энергии.

Казалось, проще всего убрать эту стенку и превратить резонатор в длинный волновод, по которому атомы могут лететь до тех пор, пока они не расстанутся со своей избыточной энергией. Но еще расчеты астрофизиков показали, что для этого не хватит размеров никакой лаборатории. Убрать стенку в прямом смысле слова не удалось. Но убрать ее было необходимо.

И Рэмси решил убрать стенку тупика, не убирая стенки резонатора! Это не выдумка писателя, а результат глубокого физического анализа.

Беда была в том, что, ударяясь о стенку, атом отдает ей свою избыточную энергию и отражается от нее приемником радиоволн. Вот Рэмси и решил придать стенкам резонатора такие свойства, чтобы они не отбирали избыточную энергию у ударяющихся об них атомов водорода. В этом случае атомы блуж-

дали бы внутри резонатора так долго, что могли бы высветить внутри него свою избыточную энергию.

Не безумная ли это идея — сделать так, чтобы стенка, оставаясь стенкой во всех смыслах этого слова, перестала быть стенкой с точки зрения взаимодействия с внутренней энергией атома?

Оказалось, что такие стенки можно создать. Для этого их следует покрыть каким-либо веществом, молекулы которого очень слабо взаимодействуют с атомами водорода. Долгие поиски показали, что такие вещества существуют, и лучшими из них оказались особые сорта парафина и замечательная пластмасса фторопласт, известная также под названием «тефлон». Атомы водорода могут десятки тысяч раз соударяться с поверхностью этих веществ, не передавая им свою внутреннюю энергию и не теряя способности излучить эту энергию в виде радиоволн.

Расчет показал, что время пребывания атома в резонаторе с защищенными стенками достаточно для того, чтобы атом излучил радиоволну до того, как он случайно не попадет в отверстие, через которое ранее вошел в резонатор, и не покинет его. Это определяет и размер отверстия; если оно слишком велико, атом покинет резонатор, не высветившись и унеся обратно свою избыточную энергию. Если же отверстие слишком мало, то атом и после высвечивания будет долго летать внутри резонатора в качестве приемника и может поглотить порцию энергии, уже излученной другими атомами или им самим. Слишком малое отверстие затрудняет и питание резонатора пучком активных атомов.

Так Рэмси сумел превратить стенки в своеобразные зеркала, отражавшие атомы водорода без изменения их внутренней энергии. Атомы летали в резонаторе три-четыре секунды и за это время излучали в нем свою энергию.

Но действительно ли это выход из тупика? Ведь атомы, хаотически блуждающие между стенками, это уже не пучок, а газ. А создать генератор радиоволн на газе — это именно то, что всегда считалось невозможным.

Действительно, невозможно создать генератор на обычном газе, в котором атомов-приемников больше, чем атомов-передатчиков. Но в резонаторе Рэмси был необычный газ. Этот газ состоял главным образом из атомов-передатчиков, влетавших в резонатор в виде атомного пучка. Лишь побыв в резонаторе несколько секунд, атом излучал в нем свою энергию и, превратившись в приемник, вскоре покидал его. Конечно, некоторая часть атомов, улетала, не успев излучить, но эти неизбежные потери были невелики.

Опыт подтвердил расчеты. Генератор заработал. Правда, мощность его была ничтожна — миллионная часть от миллионной доли ватта. Это было примерно в сто раз меньше, чем мощность молекулярного генератора на аммиаке, но зато стабильность частоты нового генератора была примерно в сто раз лучшей.

Теперь водородный генератор соревнуется с аммиачным за право быть новым эталоном частоты, новым эталоном единицы времени — секунды.

БЕЗ ШУМА

Замечательные молекулярные приборы могут не только генерировать радиоволны, но и усиливать их. Действительно, если в объемный резонатор впускать несколько меньше активных молекул, чем это необходимо для возникновения генерации, то она и не возникнет. Тогда прибор способен работать как усилитель.

Если в такой усилитель, снабженный антенной, попадет извне слабая радиоволна той же частоты, что и излучаемая молекулами аммиака, она заставит их отдать ей свою энергию. Тем самым внешняя радиоволна, пополнившись за счет энергии молекул аммиака, усилится.

Вслушайтесь в работу обычного радиоприемника, когда он не принимает передачу радиостанции. Он как бы «дышит». Слышно дыхание электронных ламп. На этом фоне не очень-то легко разобрать слабую передачу далекой радиостанции.

В молекулярном усилителе ничто не шумит. Сосуд, в котором излучают молекулы, изолирован от внешнего мира, как радиостудия, откуда ведется передача. Не шумят и исполнители — молекулы аммиака. Поэтому такой прибор способен уловить очень слабую передачу.

Особенно большие перспективы открывает усилитель, использующий в качестве рабочего вещества не молекулы аммиака, не атомы водорода, а некоторые парамагнитные кристаллы. Это кристаллы, в которых содержатся ионы парамагнитных веществ, например ионы хрома. Такие ионы аналогичны маленьким магнитикам и стремятся установиться по направлению действующего магнитного поля. Такое положение соответствует для них минимуму энергии. Но часть ионов под влиянием теплового движения ориентирована в других направлениях и поэтому обладает избыточной энергией.

Поместив нормальный кристалл в объемный резонатор, охлаждаемый жидким гелием до температуры около 270 градусов ниже нуля, и облучив его электромагнитными волнами подходящей частоты, можно нарушить равновесное состояние системы и ориентировать большинство ионов против магнитного поля, то есть сообщить им избыточную энергию. В этом состоянии кристалл приобретает свойство излучать электромагнитные волны, подобно отсортированному пучку активных молекул аммиака.

То обстоятельство, что весь процесс идет при температуре, близкой к абсолютному нулю, делает усилитель такого типа практически нешумящим. Чувствительность приемника, снабженного подобным усилителем, в несколько сот раз больше, чем при обычном применении кристаллических усилителей-транзисторов и электронных ламп.

Благодаря тому, что молекулярные усилители обладают очень тонким слухом, они способны уловить даже самое слабое излучение, идущее на Землю из глубины вселенной. Из этой радиопередачи люди смогут узнать о строении далеких туманностей и составе атмосферы планет. Улавливая излучение атомов

межзвездного водорода, молекулярные усилители помогают исследовать степень его распространения во вселенной и законы его движения, что имеет огромное значение для космогонии. Молекулярные усилители уже помогли осуществить локацию планет.

Ученые, приступив к попыткам радиолокации планет, воспользовались самыми мощными локаторами. Но приемники этих локаторов работали на электронных лампах, и внутренние шумы ламп заглушали слабое радиоэхо, пришедшее из космических далей. Даже электронные вычислительные машины, привлеченные к обработке принятых сигналов, давали крайне неточные результаты.

Положение резко изменилось, когда приемники планетных радиолокаторов были снабжены малошумящими парамагнитными усилителями. Их чувствительность сразу возросла в десятки раз.

Благодаря этому советские ученые во главе с академиком В. А. Котельниковым на основе обработки сигналов, отраженных от планеты Венера, смогли получить наиболее точное значение величины астрономической постоянной — этого масштаба расстояний в космосе. Без точного знания этой величины нельзя рассчитывать траектории межпланетных ракет.

Большая чувствительность планетного локатора позволила группе Котельникова первой осуществить радиолокацию планет Меркурий и Юпитер и осуществить космическую радиосвязь через планету Венера.

При радиолокации планеты Марс, выполненной одновременно с аналогичной работой американских ученых, тоже применивших парамагнитный усилитель, советские ученые получили более полные результаты.

Еще много других замечательных перспектив открывает применение молекулярных приборов в науке и технике.

Обо всем сразу не расскажешь. Постепенно об этом поведает сама жизнь.

ГАРИН БЫЛ НЕ ПРАВ

Редко бывает, чтобы научное открытие оказалось чем-то совершенно неожиданным, почти всегда оно предчувствуется; однако последующим поколениям, которые пользуются апробированными ответами на все вопросы, часто нелегко оценить, каких трудностей это стоило их предшественникам.

Ч. ДАРВИН

ИЗ СТУДЕНЧЕСКОЙ ПЕСНИ



вадцать — двадцать пять лет назад студенты Московского энергетического института на своих вечерах нередко пели:

Гордится Франция Фабри,
Германия гордится Кантом,
А наше славное МЭИ
Гордится Валей
Фабрикантом.

Первокурсники обычно спрашивали своих старших товарищей, кто этот Валя-фабрикант, которым гордится их институт?

Но оказывалось, что человек с такой странной фамилией отнюдь не владеет фабриками, а преподает в их институте и успешно работает в области оптики. И Фабри, которым гордятся французы, тоже занимался оптикой. А один из гениев немецкого народа — Кант, перед тем как окунуться в пучины идеалистической философии, много сделал для развития естественных наук.

Валентин Александрович Фабрикант, о котором распевали московские студенты, в 1939 году блестяще

защитил докторскую диссертацию. В этой диссертации, опубликованной годом позже, был небольшой раздел, посвященный доказательству того, что одно поразительное явление, наблюдавшееся лишь в лучах небесных светил, можно воспроизвести в лаборатории.

Это был чисто теоретический раздел работы. Фабрикант не выполнил в то время соответствующего опыта. Началась Великая Отечественная война.

По сравнению с драматическими событиями тех лет открытие Фабриканта казалось неактуальным и было надолго забыто.

Никто не подозревал тогда, что новому открытию суждено приблизить век космических путешествий.

ЗАГАДКА КОМЕТНЫХ ХВОСТОВ

Кто знает, как давно человек впервые увидел в небе комету, хвостатую звезду — одно из самых редких и удивительных явлений! Появление новой кометы до сих пор считается крупным событием в науке: ведь природа комет еще полностью не изучена.

Каждый раз, когда в небе появлялась хвостатая звезда, у ученых возникал один и тот же недоуменный вопрос: почему хвост кометы всегда направлен от Солнца? Давно выяснилось, из чего состоит и сама комета и ее хвост, но почему он вопреки силе притяжения отворачивается от Солнца, — это странное обстоятельство не находило объяснения.

Но вот у ученых возникла полудогадка-полууверенность: ведь солнечный свет, несомненно, материален и способен оказывать механическое воздействие на встречные предметы. Эта удивительная гипотеза подтвердилась знаменитыми опытами русского физика П. Н. Лебедева, изучившего давление света в лабораторных условиях. И ученые поняли истинные причины странного поведения хвостатых звезд: солнечный свет отталкивает атомы и пылинки, из которых состоит кометный хвост, сильнее, чем солнечное тяготение привлекает их! И, наблюдая все новые

и новые кометы, смогли убедиться, что возникновение и развитие кометного хвоста — действительно результат давления солнечного света.

Хотя ученые и обнаружили механическое действие света, о практическом его использовании не возникало даже мысли. Еще бы! Такая мысль показалась бы просто абсурдной. Расправляясь с самыми длинными из кометных хвостов, солнечные лучи не в состоянии шевельнуть даже волосом на голове человека. О каком же практическом использовании давления света могла пойти речь?

Тем не менее... Современная техника в некоторых вопросах просто зашла в тупик. И может выйти из него только с помощью давления световых волн!

Вот пример. Как может человек за время своей короткой жизни побывать на звездах, расположенных на расстояниях в сотни и тысячи световых лет от Земли? Умчать туда может только сверхскоростная ракета. Но никакие химические топлива не в состоянии разогнать ракету до скорости, необходимой для полетов за пределы солнечной системы. Это сделать могут только электромагнитные волны.

Расчеты показывают, что если создать мощный пучок электромагнитных волн, то его реактивная сила может разогнать ракету гораздо сильнее, чем любой другой двигатель. Теоретически таким путем можно даже приблизиться к предельной скорости — скорости света. Правда, на пути создания таких ракет, названных фотонными, еще столько трудностей, что эта задача пока остается разрешимой лишь на бумаге.

НА ПЛЕЧАХ СВЕТА

А в последнее время, буквально в наши дни, ученые придумали для световых волн еще одну работу. Работу удивительную, на первый взгляд просто невероятную.

Над нашей планетой летает уже много искусственных спутников. Они изучают погоду, исследуют ионосферу и поле тяжести Земли. Их орбиты проходят

на сравнительно малых высотах. Из-за трения в верхних слоях атмосферы спутники быстро теряют скорость, снижаются и сгорают. Срок их жизни ограничен, а ведь на них затрачивается много средств, от них ждут длительной службы.

Вот тут-то и родилась заманчивая идея: что, если попытаться удержать спутники на орбитах, подпирая их с Земли... пучками света? Пусть, решили ученые, лучи специальных мощных источников, расположенных на Земле, поступают со спутниками так же, как лучи Солнца с хвостами комет.

Сделали предварительный расчет и убедились, что эта задача реальна не только теоретически, но и практически. Необходимое для этого давление света сравнительно мало, так как невелико и трение спутника в весьма разреженных верхних слоях атмосферы.

Однако те же расчеты натолкнули на обескураживающий вывод. Оказывается, даже мощным прожекторам такая задача не по плечу. Они не способны дать нужные для этой цели световые пучки. Вы, наверное, замечали, что луч прожектора, имеющий вначале диаметр 1—2 метра, постепенно расширяется, так что на расстоянии в несколько километров площадь светового пятна составляет сотни квадратных метров. В результате на высотах, на которых движутся исследовательские спутники Земли, световые волны, излучаемые прожектором, разбегаются на столь обширную площадь, что их давление, малое даже вблизи прожектора, оказывается ничтожным.

Оптика подсказывает, что для уменьшения расходимости светового пучка прожектора нужно уменьшить площадь источника света. Но это связано с уменьшением его мощности, так как повысить температуру источника не позволяют свойства известных нам материалов. Таким образом, классическая светотехника оказалась в замкнутом круге. И ученые убедились, что решение поставленной задачи обычными методами невозможно.

Выход из тупика был найден в результате объединения методов радиотехники, квантовой механики

и оптики. На стыке этих наук возникла квантовая радиофизика, позволившая создать принципиально новые источники света и радиоволн.

Оказалось, что необходимые мощные пучки электромагнитных волн могут дать людям не прожекторы, не уже известные генераторы волн и даже не ослепительное Солнце, а... атомы и молекулы!

И на Солнце, и в прожекторе, и в электрической лампочке свет излучается в виде независимых друг от друга волн из отдельных атомов и от отдельных электронов, совершающих хаотические движения из-за сильного нагрева. Эти независимые волны невозможно объединить в узкий мощный пучок. Для создания такого пучка нужно заставить атомы излучать световые волны не беспорядочно, а согласованно.

На возможность такого согласованного излучения из многих атомов указал еще Эйнштейн, и оно действительно наблюдалось астрономами в некоторых небесных телах.

Готовя свою докторскую диссертацию, Валентин Александрович Фабрикант обосновал пути искусственного получения такого дружного излучения атомов и молекул. И хоть война помешала ему провести соответствующие опыты, его теория заложила одну из важнейших частей в фундаменте новой науки — квантовой радиофизики.

Лишь после того, как страна залечила раны, нанесенные войной, Фабрикант вернулся к своему открытию и вместе с сотрудниками сформулировал его в столь четкой форме, что им было выдано авторское свидетельство на это изобретение.

ИДЕИ НОСЯТСЯ В ВОЗДУХЕ

Это было в 1951 году, с тех пор прошло 16 лет, и теперь трудно установить, почему Фабрикант ограничился заявкой на изобретение и не выступил с сообщением о своем открытии перед товарищами-учеными.

Но недаром говорят, что идеи носятся в воздухе. Уже в 1952 году, ничего не зная о работах Фабриканта, молодые советские физики Н. Г. Басов и А. М. Прохоров доложили на научной конференции о своих работах, в которых обосновывалась возможность создания прибора, названного ими молекулярным генератором и усилителем радиоволн. А вскоре их молекулярный генератор заработал.

Как теперь уже широко известно, это замечательный прибор. Он излучает такие постоянные радиоволны, которых не давал еще ни один генератор, созданный руками человека.

Молодые ученые решили, что атомы и молекулы можно заставить «вращать» стрелку часов, и преобразовали излучение молекулярного генератора в импульсы, следующие друг за другом с необыкновенной точностью. Эти импульсы они заставили управлять ходом обыкновенных электрических часов. Так были созданы уникальные часы, ход которых практически не нуждается в регулировке и сверке с астрономическими наблюдениями. Такие часы, проработав без остановки несколько сот лет, не ошибутся и на секунду.

Осенью яблоки поспевают во всех садах. Как потом выяснилось, в далекой Америке, ничего не зная не только о работах советских коллег, но и друг о друге, над той же проблемой бились еще две группы ученых. В Колумбийском университете этими работами руководил молодой профессор Ч. Таунс, а в Мэрилендском университете — Дж. Вебер.

Таунс с сотрудниками первый опубликовал краткую заметку о построенном ими молекулярном генераторе радиоволн, который может работать и как усилитель. Они дали своему детищу имя «мазер», образованное первыми буквами английских слов «усиление микроволн посредством индуцированного излучения». Это краткое и звучное слово, напоминающее о новом принципе, постепенно вошло в лексикон ученых.

Можно не сомневаться в том, что и Вебера в Мэриленде и Фабриканта и Басова с Прохоровым в Москве взволновала первая публикация Таунса о рож-

дении нового прибора. Но такова судьба ученых — все стремятся к цели, но кто-нибудь должен оказаться первым.

Фабрикант предложил общий принцип. В Физическом институте в Москве и в Колумбийском университете в Нью-Йорке ученые, не знавшие об этой идее, не только самостоятельно пришли к ней, но и построили приборы, похожие друг на друга, как два близнеца.

В 1954 году Басов и Прохоров описали другой способ реализации этого принципа. Они нашли, что систему атомов или молекул можно заставить усиливать или генерировать радиоволны, если облучать эти атомы и молекулы более короткими радиоволнами или освещать их ярким светом с подходящей длиной волны. Вскоре американский ученый Бломберген разработал этот способ специально для усиления радиоволн при помощи особых кристаллов, погруженных в жидкий гелий.

Затем эстафета вернулась в Москву, где Фабрикант предложил еще один способ, позволяющий на основе открытого им явления построить газовую ячейку, усиливающую уже не радиоволны, а видимый и инфракрасный свет.

Еще два пути усиления и генерации света и инфракрасных волн нашла в Физическом институте группа ученых под руководством Басова. И наконец, в Америке были созданы первые модели генераторов света и инфракрасных волн. В них работали кристаллы рубина, подробно исследованного ранее Прохоровым. А вскоре заработали и квантовые генераторы на смеси газов неона и гелия, возбуждаемых электрическим разрядом, и генераторы на искусственных кристаллах менее известного минерала флюорита, ранее изученного в Ленинграде Феофиловым, и даже на специальных стеклах и полупроводниках.

Итак, исследовав излучение паров различных металлов, газов, драгоценных кристаллов рубинов и изумрудов, даже стекол и жидкостей, испробовав молекулы и атомы всевозможных веществ, ученые отыскали среди них такие, которые можно заставить излу-

чать волны еще более короткие, чем радиоволны, — излучать свет. Излучать не хаотически, как электрическая лампочка или прожектор, а упорядоченно, как лучший радиопередатчик.

МИРНЫЕ ЛУЧИ

Так родились удивительные, невиданные источники света, которым физики дали созвучное с мазерами имя «лазер». Приборы эти испускают мощные пучки света.

— Чтобы получить от нити лампы накаливания луч света такой же яркости, как луч квантового генератора, ее потребовалось бы нагреть до температуры 10 миллиардов градусов, — говорит Басов. Иными словами, надо было бы иметь источник света в миллион раз более горячий, чем Солнце.

Эти приборы не похожи на громоздкие прожекторы и маяки.

Они умещаются на ладони. Так, сердцем первого генератора света являлся цилиндрик искусственного рубина длиной в несколько сантиметров и диаметром в пять миллиметров.

И эти мощные источники света не раскалены до чудовищной температуры, как Солнце. Они совершенно холодные и поэтому особенно удобные. И дают они такой узкий световой луч, что не будет преувеличением говорить о световой игле.

Расходимость пучков световых волн в таких приборах при правильном выполнении определяется в конечном счете только их размерами. Но в отличие от обычных приборов, в которых для уменьшения пучка нужно уменьшать размеры источника (уменьшая одновременно достижимую мощность), в новых устройствах расходимость тем меньше, чем больше сечение источника, что позволяет одновременно увеличивать и направленность и мощность светового потока.

Первые модели источников света, основанные на новых принципах, подтвердили ожидания ученых. Источник, использующий кристаллы рубина или флюо-

рита, дает пучок света в виде конуса с углом около одной десятой градуса. Но световая игла может быть еще острее. Ведь расхождение пучка света в этих приборах обусловлено неоднородностями применяющихся кристаллов и еще примерно в сто раз превосходит теоретический предел. Этот предел практически достигнут в источниках, в которых в качестве рабочего вещества применена смесь подходящих газов.

Если при помощи простой оптической системы направить свет такого источника в сторону Луны, то он осветит на ее поверхности пятно диаметром всего в 3 километра. Естественно, напрашивается мысль о локации Луны таким способом. Ведь тогда можно будет рассматривать все мельчайшие подробности ее рельефа!

Средняя мощность пучка света, даваемая существующими моделями, еще мала. Она не превосходит мощности большой электрической лампы. Но в то время как электрическая лампа излучает свет во все стороны, эти источники излучают его в виде почти нерасходящегося луча, так что излучаемая энергия может быть сконцентрирована на небольшой поверхности.

Увеличение мощности новых источников — чисто техническая проблема. Она не требует привлечения новых принципов. Можно поступить даже совсем просто — объединить несколько пучков света от нескольких маломощных источников. Это позволяет считать реальным создание системы, способной с поверхности Земли поддерживать искусственные спутники на их орбитах. Но это далеко не исчерпывает возможности новых приборов.

Использовав энергию, излучаемую новыми источниками, можно получить очень высокую температуру. И делается это почти так же, как выжигаются узоры на дереве с помощью увеличительного стекла в солнечный день. Простая линза с фокусным расстоянием в 1 сантиметр может свести свет лазера в точку диаметром в сотую часть сантиметра. При этом достигается плотность энергии в 100 тысяч киловатт на квадратный сантиметр. Это в тысячи раз больше, чем

можно получить, фокусируя линзами или зеркалами свет Солнца.

Не подозревая о том, что он говорит о лазере, Алексей Толстой в своем фантастическом романе «Гиперболоид инженера Гарина» писал:

«Первый удар луча гиперболоида пришелся по заводской трубе — она заколебалась, надломилась посередине и упала... Был виден весь завод, раскинувшийся на много километров. Половина зданий его пылала, как карточные домики. Луч бешено плясал среди этого разрушения...»

Наверное, эта картина воодушевляет некоторых американских милитаристов, которые предлагают разить «рубиновой молнией» космонавтов. Недавно один американский журнал, рекламируя деловую ценность лазеров для бизнеса, рассказывал о том, что предпринимается военными кругами, чтобы превратить лазер в орудие смерти.

Вот выдержка из этого журнала.

ЛУЧИ СМЕРТИ

В сверхсекретных лабораториях во всех концах Соединенных Штатов делаются гигантские усилия для того, чтобы превратить лазер в новый вид научно-фантастического оружия.

Свет, испускаемый лазером, теоретически может быть сделан достаточно вредным для того, чтобы его использовать в качестве смертоносных лучей, или достаточно мощным, чтобы служить совершенно новым средством уничтожения ракетных боеголовок в космосе.

Плотный занавес секретности окружает эти усилия. В нынешнем году миллионы долларов расходуются на создание лазерного оружия. Точные цифры засекречены.

Тем не менее сейчас уже известно следующее: в прошлом году ученые добились больших успехов «в усилении» лазеров, которые сейчас могут испускать лучи огромной энергии короткими импульсами.

Увеличение мощности лучей представляет собой одну из ключевых проблем в создании эффективного лучевого оружия. Вкратце расскажем об основных направлениях в создании светового оружия.

Противоракетные лучи. Разрушительные лучи, направленные со скоростью света с Земли (или со спутника), будут обследовать небо. Они должны быть способны уничтожать во время полета ракеты с боеголовками или сбивать с курса самолеты.

Лучевые пушки. В качестве оружия для наземных сил портативная лучевая пушка может использоваться как средство, способное парализовать или ослепить противника. Один ученый получил серьезные повреждения глаз из-за того, что нечаянно попал под луч лазера на расстоянии мили от источника света. Сейчас изучается вопрос о том, могут ли лучи более мощного лазера разрушать тело человека.

Лучи с орбиты. Если вредные лучи направить с помощью лазера со спутника на Землю, то можно поразить целые области. Сейчас планируются исследования с целью изучить влияние на человека рентгеновых лучей и гамма-лучей, концентрированно направляемых с высоты многих миль.

Лучи для борьбы с искусственными спутниками. Вращающиеся по орбите спутники считаются легкой добычей для разрушительных лучей, которые могут сбить их с курса и вывести из строя.

В Америке работа над лазерами идет, можно сказать, в трех направлениях. Есть ученые, которым дороги лишь научные результаты прогресса квантовой электроники. Других воодушевляет мысль получить сверхмощное оружие. А третьих, и таких немало, заботит денежная сторона дела.

Один эксперт из их числа сказал озабоченно: «Все эти идеи фантастичны. Многие окажутся неосуществимыми, но если вы осуществите хотя бы одну из них, то получите крупный куш».

Все эти тенденции проявились даже при толковании слова «мазер» (maser). Когда-то это название сложилось из первых букв длинной фразы, передающей сущность новых приборов *(Microwase Amplifica-*

tion by Stimulated Emission of Radiation). Теперь это слово получило в американских научных кругах несколько вольных интерпретаций. Вот некоторые из них: «Военные применения кажутся крайне отдаленными» *(Military Application Seem Extremely Remote)*; «больше ученых-прикладников едят регулярно» *(More Applied Scientists Eat Regularly)*; «способ выколачивания денег для дорогих исследований» *(Money Acquirion Scheme for Expensive Research)*; «средство получения поддержки для дорогих исследований» *(Means of Acquisition Support for Expensive Research)*».

ВЫИГРЫВАЮТ ВСЕ

В нашей стране новые источники света будут применяться очень широко. И не только для поддержания спутников на орбите.

Сконцентрировав пучок света лазера в точку диаметром в доли микрона, можно получить колоссальное давление световых волн в сотни тысяч атмосфер. И уже сегодня такой пучок за миллионную долю секунды пробивает отверстие в стальной пластине толщиной в несколько миллиметров. Это превосходный инструмент для точной, почти ювелирной обработки металлов. Световая игла, раскаленная до чудовищной температуры и развивающая миллионное давление, — да ведь это пока единственный возможный инструмент для обработки жаростойких материалов.

Ученые не могут даже предвидеть все открывающиеся возможности применения такого инструмента. Достаточно сказать, что два пересекающихся пучка света такой плотности непременно начнут взаимодействовать между собой. Но как? На это ответить пока нельзя. Это явление, результаты которого полностью не изучены даже теоретически.

Особенно перспективно применение источников и усилителей видимого света для сверхдальних космических связей, где основное — это получение узких пучков. Только таким путем можно будет поддержи-

вать связь на тех расстояниях, где радиоволны уже непригодны.

Для связи в земных условиях видимый свет не подходит, так как сильно поглощается атмосферой, особенно при неблагоприятной погоде. Здесь будут применяться инфракрасные волны, часть которых хорошо проникает через туман и дождь. Линии связи, работающие на инфракрасных волнах, могут одновременно передавать до 100 тысяч телевизионных программ или многие миллионы телефонных разговоров.

Усилители света и инфракрасных волн нужны и астрономам. Для того чтобы обнаружить чрезвычайно далекие, невидимые глазу звезды и туманности, астрономы должны часами фотографировать небо через огромные телескопы. Дальнейшее увеличение размеров телескопов и чувствительности фотопластинок наталкивается на такие трудности, что на этом пути нельзя рассчитывать на быстрый прогресс. Новые усилители позволят изучать еще более удаленные миры при помощи меньших телескопов и с гораздо меньшими экспозициями. Взгляд человека проникает все дальше в недра вселенной. И еще глубже в недра вещества, так как уже созданы инфракрасные микроскопы, дающие возможность заглянуть внутрь многих тел, непрозрачных для обычного света.

Лазеры смогут ощупать дно морей и океанов, смогут осуществить связь под водой (ведь радиоволны не распространяются в воде).

Генераторы света открывают широкую дорогу прогрессу во многих областях техники и промышленности. Например, они намечают заманчивые пути управления химическими реакциями. При помощи достаточно мощных пучков электромагнитных волн подходящей частоты можно возбуждать сильные колебания определенных молекул, не воздействуя при этом на другие. Так как возбуждение увеличивает химическую активность, то молекулы, получившие дополнительную энергию от световых волн, могут вступать в реакции, не идущие при обычных условиях. Таким путем можно в сложных многокомпо-

нентных смесях вызывать желательные реакции, и управлять их течением, и в результате получать новые химические соединения.

Рождение лазеров дало толчок многим идеям. Уже разрабатываются проекты применения сверхинтенсивных пучков света для стимулирования термоядерных реакций, для ускорения элементарных частиц до сверхвысоких энергий. Энергий, не достижимых при помощи крупнейших современных ускорителей. Есть и другие замечательные проекты. Но осуществление их — пока дело будущего. Ученым предстоит преодолеть еще много преград для реализации этих возможностей.

Над созданием и применением квантовых приборов работают тысячи ученых в сотнях лабораторий. Главную роль в этих работах сыграли Басов, Прохоров и Таунс. Их деятельность достойно оценила Шведская академия наук, присудив им Нобелевскую премию 1964 года.

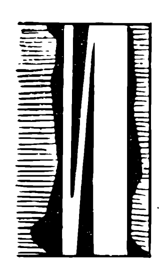
Как дальше пойдет научная эстафета? Кто будет первым? В этом соревновании не будет побежденных. Гарин был не прав — выиграют все!

ГДЕ ИСКАТЬ АНТИВЕЩЕСТВО?

И вот мы в мире,
исполненном
умопостижимой красоты.

МАЛЬБРАНШ

МИР В ЗЕРКАЛЕ



х было несколько, молодых физиков, — слава и надежда итальянской науки, которых фашизм раскидал по свету. Самый старший, знаменитый Энрико Ферми, «папа» Ферми, уехал в Америку и все силы отдал созданию первого атомного реактора и первой атомной бомбы. Самый младший...

«Со времени исчезновения семьи Понтекорво прошло теперь уже больше трех лет. Никто от них не получал ни слова. Никто их не видел. Родные их уверяют, что им ничего о них не известно... И подумать только, что все это происходит в двадцатом столетии!» — писала в 1958 году Лаура Ферми о самом младшем — о талантливом красивом Бруно Понтекорво, любителе спорта, блестящем физике.

Итальянские ученые-эмигранты уверяют теперь, что знали о нем все, кроме того, что он и его жена шведка Марианна Нордблом — коммунисты. Поэтому они не могли понять, зачем их веселый и, казалось, всегда беззаботный друг в 1955 году уехал в Советский Союз.

А Понтекорво между тем не делал секрета из своих политических убеждений. Он не скрывал, что

с 1936 года был антифашистом, что хочет работать над мирным использованием атомной энергии.

После этих событий прошло много лет. Под Москвой, в Дубне, в Объединенном институте ядерных исследований, трудится замечательный коллектив физиков многих национальностей. Среди них — Бруно Понтекорво, чей талант расцвел во всем его великолепии. Итальянский ученый — действительный член Академии наук СССР, автор многих выдающихся научных работ.

И одна из самых своеобразных среди них, одна из тех, в которых сочетаются опыт зрелого ума и вдохновение художника, разум и воображение, — гипотеза, по-новому осветившая загадочную историю мира и антимира.

В построение этой гипотезы внес вклад доктор физико-математических наук Я. А. Смородинский и другие советские и зарубежные ученые.

...Симметрия мира — одно из самых впечатляющих представлений современной науки. Движение вправо и влево, вверх и вниз; левое и правое вращение винта, положительное и отрицательное... Каждое понятие в нашем мире имеет свою противоположность.

Идея о том, что левое и правое равноправны, что симметрия между левым и правым есть то же самое, что симметрия относительно зеркальных отражений (ведь при отражении в зеркале правая рука превращается в левую), эта идея восходит еще к Лейбницу. С тех пор ученые убеждены, что физические законы не отдают предпочтения ни левому, ни правому. Симметрия пространственных отражений говорит о том, что если существует некоторая частица, то обязательно должна существовать и частица, получаемая зеркальным отражением исходной. Если осуществляется некоторый процесс, то процесс, соответствующий его отражению в зеркале, также должен быть физически возможным.

Правда, если обратиться к биологии, можно найти видимое противоречие. Ведь у подавляющего большинства людей сердце находится слева! И все-таки

этот пример не опровергает принципа зеркальной симметрии. Ведь встречаются же люди, у которых сердце расположено справа! Можно, конечно, возразить, что таких людей очень мало. Но это, уверяют биологи, объясняется простой случайностью. Это не нарушение фундаментального закона природы, а следствие сложившихся условий.

Итак, не удивительно, что люди пришли к убеждению, что все в мире симметрично.

И не только в мире, нас окружающем, но и во всей вселенной. (В связи с этим некоторые ученые даже начали ломать себе голову над таким вопросом: когда будет установлена радиосвязь с жителями далеких планет, как сообщить им, какой винт мы считаем правым, а какой левым? Нет буквально ни одного опыта, в котором бы выявилось объективное преимущество левого перед правым и правого перед левым.)

Но в мире элементарных частиц в этом отношении царила полная анархия. Мир крошечных сгустков материи долгое время обходился без симметрии. В нем властвовали только частицы. Почему? Существуют ли зеркальные отображения электронов, протонов и нейтронов? И могут ли, должны ли они существовать?

Пытаясь ответить на эти вопросы, ученые, сами того не подозревая, расшатывали прочное здание установившихся в науке принципов.

КАК, ЧТО И ПОЧЕМУ

Старая поговорка «о вкусах не спорят» относится не только к гастрономическим интересам, к области искусства или вопросам моды. Она с равным успехом управляет трудами ученых. Многие исследователи считают целью своей жизни открытие новых фактов. Их беспокоят главным образом два вопроса: как и что. Они спрашивают, например, как устроен атом, и, установив, что вокруг положительно заряженного атомного ядра вращаются электроны, считают свою

задачу выполненной. В дальнейшем «как» и «что» заставляют их поинтересоваться тем, что входит в состав атомного ядра и как удерживаются в нем его составные части.

Но есть и другой тип ученых. Для них главным является вопрос «почему», и они не могут успокоиться, не выяснив, в силу каких причин атомное ядро всегда положительно, а электрон имеет отрицательный заряд. История науки свидетельствует, что попытки ответить на вопрос «почему» часто приводят к радикальной ломке установившихся взглядов, к настоящей революции идей. Это и случилось на подступах к антимиру.

Один из создателей квантовой механики, Дирак, пытался объединить ее с теорией относительности. Разработав теорию электрона, он пришел к абсурдному выводу о том, что электрон может иметь отрицательную энергию, то есть что он в некоторых случаях должен двигаться навстречу действующей на него силе.

Для того чтобы не вступать в противоречие с законом сохранения энергии, Дираку пришлось ввести в теорию новую элементарную частицу, по всем свойствам совпадающую с электроном, но имеющую положительный заряд.

В течение нескольких лет новая частица, родившаяся из уравнений, тревожила умы физиков и вызывала жаркие споры. Действительно, почему электрон имеет отрицательный заряд? Почему не может существовать положительный электрон-позитрон?

И наконец, в 1932 году Андерсон, изучая следы космических частиц на фотопластинках, увидел на одной из них два следа. Эти следы выходили из одной точки и были совершенно одинаковы, за исключением того, что один изгибался по направлению движения часовой стрелки, а другой в противоположном направлении. Один из следов, несомненно, принадлежал электрону. А другой? Другой мог быть только следом позитрона. Так впервые был обнаружен факт рождения частицы и античастицы — электрона и позитрона.

Это был потрясающий факт. До тех пор элементарные частицы считались вечными, а число их в мире неизменным. Теперь же оказалось, что элементарные частицы могут рождаться и умирать. Их рождение и гибель подчиняются строгим законам. При подходящих условиях квант света может превратиться в пару электрон — позитрон, а пара этих частиц может исчезнуть, превратившись в квант света.

НЕРАВНОПРАВНОЕ РАВНОПРАВИЕ

Дальнейшее развитие физики заставило ввести в теорию новые античастицы, например антипротон, — частицу, совершенно аналогичную протону, но имеющую отрицательный заряд. Через несколько лет и эта частица была найдена при помощи мощного ускорителя. Вслед за этим для уточнения теории понадобилась новая частица — антинейтрон, частица нейтральная, отличающаяся от нейтрона противоположными магнитными свойствами.

Бурное развитие физики привело к открытию еще целого ряда новых античастиц, и, наконец, был обнаружен общий закон, определяющий существование античастиц.

Казалось, все пришло в порядок. Для каждой частицы, если этого требовала теория, была найдена соответствующая античастица. Но каждый ответ порождает новый вопрос: почему же известные нам тела состоят из обычных частиц, почему мы не встречаем антиатомов, состоящих из антипротонов, антинейтронов и позитронов? Если реально существует вещество и антивещество, то почему же вокруг нас мы всегда находим только вещество? Естественно, возникает недоумение, почему все в нашей Галактике — и звезды и межзвездное вещество — состоит только из частиц?

Где же антивещество, где антимир?

И хотя современная физика считает, что частицы и античастицы совершенно равноправны, ответа на этот вопрос она пока не дает.

Здесь ученые заходят в тупик. Существование антивещества очевидно, но что же можно сказать об антимире? Может быть, антимир находится где-то за пределами видимости и он отличается от нашего мира тем же, чем отличается изображение человека в зеркале от него самого? Существует ли на самом деле потрясающий воображение сказочный «мир наоборот», мир, состоящий из антиводорода и других антиэлементов? Есть ли где-нибудь удивительные антигорода, в которых милиционеры не штрафуют за левое движение транспорта, но не потому, что там, как в Англии, принято такое направление движения, а потому, что жители антимира считают правым то, что у нас считается левым?

Так ли все это — проверить пока невозможно.

Известно лишь, что при встрече частицы и античастицы обе они исчезают, превращаясь в другой вид материи. Поэтому-то в нашем мире, насыщенном обычными частицами, античастицы не могут жить долго.

Как это происходит, ученые поняли. Но почему?

Вопрос, почему наш мир не симметричен, почему вещество в нем преобладает над антивеществом, до сих пор остается открытым. До сих пор никто из ученых так и не знает, почему имеется такое несоответствие в количестве материи и антиматерии в нашей вселенной...

Когда-то французский ученый Блез Паскаль то ли в шутку, то ли всерьез заметил: «Будь нос Клеопатры короче, переменился бы весь облик Земли».

Чепуха, не правда ли? Значит, будь у Клеопатры или иной красавицы нос других габаритов, Ньютон не создал бы теории тяготения, а Эйнштейн — теории относительности, на Земле могли прекратиться приливы и отливы, а Солнце перестало бы светить? Глупости, конечно...

Однако, если понимать высказывание Паскаля не столь буквально, не так уж прямолинейно, в нем можно обнаружить здравый смысл. В мире действительно ничто не проходит бесследно. Все, что ни случается, так или иначе влияет на окружающее, остав-

ляет большой или малый, заметный или не сразу приметный след. Все, что ни случается в природе, способно изменить лицо Земли и всего мира.

Не удивительно, что нас не перестает занимать вопрос: какая причина сделала мир таким, каким мы видим его сегодня?

Почему вокруг нас находится лишь вещество в виде частиц и никто не видел ни звезд, ни галактик из античастиц?

ДОВЕРЯТЬ ЛИ СЛУЧАЮ?

Существует мнение, сваливающее вину на случай. Не зная других путей решения проблемы антивещества, многие ученые считают, что случайно в течение развития мира в нашей области вселенной скопилось больше частиц, чем античастиц. Так же случайно, как случайно людей с левым сердцем больше, чем с правым. Но можно допустить, что где-то на других планетах живут в основном обладатели правых сердец.

Защитникам его величества случая только и оставалось предположить, что где-то в другом месте вселенной так же случайно образовался антимир с преобладанием античастиц. А в среднем в силу симметрии число частиц и античастиц, количество вещества и антивещества по всей вселенной одинаково.

Эта точка зрения мирила многих ученых. Но, увы, она встречает по крайней мере две большие трудности, которые и не давали ученым успокоиться и удовлетвориться этим объяснением. Одна из них напоминает, что до сих пор все же никому не удавалось наблюдать во всей видимой области вселенной ни одной антигалактики. В составе космических частиц, прилетающих на Землю из глубин вселенной, тоже не обнаружены античастицы. Если бы в нашем мире, состоящем из вещества, появилась кучка антивещества, оно тотчас бы испарилось, как говорят ученые, аннигилировало. То есть, вступив в реакцию с веществом, оно тотчас бы исчезло, как превращаются при

сложении в нуль одинаковые количества положительных и отрицательных единиц. Но исчезло бы самым заметным образом. Если бы на космических дорогах встретились мир и антимир, они бы вступили в реакцию и их встреча сопровождалась взрывом, который не могли бы не заметить ученые.

Зная это, исследователи с большим вниманием наблюдали за особенно яркими небесными объектами, яркими в световых или радиолучах. И вот однажды — это было в начале пятидесятых годов — астрономы нашли исключительно мощный источник радиоволн. Он находился в созвездии Лебедя. Причем в сильные телескопы были видны два особенно ярких пятна. Возникло предположение, что это две столкнувшиеся лоб в лоб галактики. Столкновение их и вызвало всплеск мощного радиоизлучения. Но нашлись несогласные, которые ухватились за этот пример, иллюстрирующий, по их мнению, столкновение не просто двух галактик, но галактики и антигалактики! Единственно аргументированным возражением оказалось то, что этот объект излучает лишь мощные радиоволны, тогда как оптическое излучение от него очень слабо. Если бы было справедливо мнение о столкновении двух антимиров, излучение было бы мощно по всему частотному спектру.

Итак, первая трудность осталась неразрешенной. И все же прямого опровержения идеи антимира из нее не вытекало.

Вторая трудность заключалась в следующем. Вычисления показали, что средняя плотность вещества в мировом пространстве крайне невелика. Звезды во вселенной так редки, что, по словам одного ученого, «оставьте живыми только трех пчел во всей Европе, и воздух Европы будет все-таки больше наполнен пчелами, чем пространство звездами». А межзвездный водород, планеты, метеоры, пыль — все это вместе имеет такую ничтожную плотность, что добавляет к этой «пустоте» очень немного.

Усреднив всю массу известного вещества по пространству, ученые получили весьма малую величину. Но весь опыт физики показывает, что большие откло-

нения от среднего в природе маловероятны. Так как же могло случиться, что на фоне почти полной пустоты, на фоне ничтожной плотности материи в мировом пространстве вдруг возникли огромные всплески и вещество смогло собраться в такие мощные сгустки, как звезды?

Навряд ли все это можно приписать случаю. Если считать, что в нашей вселенной звезды и галактики — это лишь случайные отклонения от какого-то среднего, очень разреженного распределения материи в мировом пространстве, то трудно предположить, чтобы это отклонение было так велико. Такие случайные отклонения очень маловероятны. Возникновение звезд не случайно, а закономерно, хотя закономерность их рождения и развития еще далеко не познана.

НЕПОЙМАННЫЙ ВОР

Итак, преобладание вещества над антивеществом во вселенной не случайно. Размышления над этой загадкой привели Понтекорво и Смородинского к удивительной гипотезе. Им и ряду других исследователей представляется возможным, что когда-то, на более ранней стадии развития вселенной, плотность материи в природе была много большей, чем наблюдаемая теперь. Тогда не было такого разрыва между «пустотой» и звездами.

Но за счет какого же вещества плотность материи была больше? Что это за загадочное вещество, о котором до сих пор никто ничего не знал, и куда оно делось?

Ученые никогда не смогли бы ответить на этот вопрос, не случись три десятка лет назад одно маловажное на первый взгляд событие. Наблюдая самопроизвольное испускание электронов атомным ядром (бета-распад), исследователи с удивлением обнаружили, что электроны уносили из ядра меньшую энергию, чем следовало. Какая-то часть энергии как бы терялась.

Незыблемый закон сохранения энергии гласит, что энергия не возникает из ничего и не превращается в ничто. Во что же превратилась недостающая энергия при бета-распаде? В ничто, говорили приборы, потому что, кроме электронов и испустивших их ядер, они больше ничего не замечали.

Может быть, закон сохранения энергии неверен, может быть, придется отказаться от него? — всерьез прикидывали некоторые ученые. Но как отказаться от закона, на котором зиждется вся современная наука? Это было не так-то просто.

Конечно, большинство понимало, что основные законы природы не могут нарушаться. Возможно, что-то неладно в постановке эксперимента? Или в его объяснении?..

Но опыты были точными и совершенно надежными. Все проверки приводили к тому, что законы сохранения нарушаются, или... или, заявил в 1931 году известный швейцарский физик-теоретик Вольфганг Паули, в реакции участвует еще одна частица, которая остается незамеченной. Она-то и уносит избыточную энергию и импульс, недостающие у тех частиц, которые регистрируются приборами.

Так ученые напали на след загадочной частицы-невидимки, которую два года спустя Ферми назвал нежным словом «нейтрино», что означает приблизительно «нейтральная малютка». С тех пор нейтрино окончательно приобрели права гражданства. Войдя в науку на кончике пера физика-теоретика, они впоследствии оказались необходимыми для объяснения многих процессов, происходящих в микромире. В дальнейшем, наблюдая не только бета-распад, но и другие взаимодействия между элементарными частицами, физики-экспериментаторы часто убеждались в потере энергии. Но теперь это не беспокоило их. Они знали о существовании нейтрино — непойманного вора энергии.

А спустя немного времени ученые смогли убедиться, что и нейтрино имеет своего антипода — антинейтрино. Но нейтрино — частица нейтральная, она не несет в себе электрического заряда. Поэтому ее па-

ра — антинейтрино отличается не зарядом (оно тоже нейтрально), а другим своим свойством. Если нейтрино можно сравнить с винтом с левой нарезкой, то антинейтрино — типичный винт с правой нарезкой. Мы сравниваем их с винтом потому, что обе частицы ведут себя так, как будто непрерывно вращаются, причем в разные стороны.

Эти-то удивительные частицы — нейтрино и антинейтрино — Понтекорво и Смородинский избрали проводниками в прошлое мира...

Авторы нового взгляда на эволюцию вселенной предположили, что в отдаленнейшие времена, представить которые может лишь воображение, мир был симметричен. Основная часть материи существовала в виде нейтрино и антинейтрино высоких энергий. В это время плотность материи была очень высока. При этих условиях нет ничего невозможного в случайном образовании большого количества протонов, нейтронов и других частиц, не уравновешенных соответствующим числом античастиц. При значительном преобладании уравновешенных нейтрино и антинейтрино эти нескомпенсированные протоны и нейтроны не сильно нарушали симметрию вещества и антивещества.

И если на ранней стадии развития вселенной существовало огромное и приблизительно одинаковое количество нейтрино и антинейтрино, рассуждают ученые, то число их во вселенной и теперь должно быть почти одинаково и очень велико. Ведь они никуда не исчезали, а ядерные реакции — поставщики этих частиц — происходили все время. Значит, и число нейтрино и антинейтрино неуклонно росло. Поэтому они должны были постепенно накапливаться во вселенной, пропитывая ее словно неуловимый и ненаблюдаемый мировой эфир, полюбившийся ученым XIX столетия. Образуя фон и по суммарной массе превосходя все другие виды материи, «нейтринно-антинейтринный эфир» должен был бы в наше время господствовать во вселенной, представляя уникальный пример содружества вещества и антивещества. При таком положении вещей ученым не пришлось

бы далеко ходить в поисках антимира. Антивещество было бы в изобилии вокруг нас и в нас самих.

Так все, наверно, и было бы, если бы вселенная не разбегалась. Но вселенная неуклонно расширяется. Это предположил советский теоретик А. Фридман, а астрономы подтвердили. Наблюдая в телескопы далекие звездные скопления, можно увидеть, как они с огромной скоростью убегают от нас. И тем скорее, чем дальше от нас находятся.

Той же участи подвержены и нейтрино с антинейтрино. При расширении вселенной и их масса распределяется по все более увеличивающемуся объему. Поэтому в наше время в нашей части космоса картина симметричного мира существенно исказилась. В наши дни возле нас, возможно, осталась значительная часть протонов и нейтронов, но лишь ничтожная доля прежней плотности нейтринной массы. Ведь тяжелые частицы движутся медленно, а нейтрино и антинейтрино летят со скоростью света.

НЕИСТОВЫЕ ЧАСТИЦЫ

Но прервем наш рассказ и спросим у ученых: почему же мы узнаем о роли нейтрино в эволюции вселенной только сегодня? Если нейтрино и антинейтрино было так много, больше всей остальной материи, почему мы не знали об этом раньше?

И услышим почти неправдоподобный ответ: да потому, что за эти частицы просто невозможно зацепиться! Они не имеют электрического заряда, поэтому абсолютно не обращают внимания на электрические приманки. Их невозможно взвесить — они ничего не весят! Во всяком случае, их масса так мала, что ее пока никак не измеришь. А кроме того, как говорят физики, нейтрино не имеют массы покоя. А это в переводе на обычный язык значит, что в покое эти частицы никогда не бывают! Они движутся непрестанно и с самой большой скоростью, которая только возможна в природе,— со скоростью света.

Кроме всего прочего, нейтрино почти невозможно

заманить ни в какую ловушку — они обладают феноменальной способностью проникать сквозь любые преграды: сквозь землю, звезды, галактики. Это настолько удивительно, что...

Но предоставим слово Понтекорво:

— Это напоминает мне анекдот о человеке, который, глядя на жирафа в зоопарке, бормочет: «Не может быть!» Пусть читатель судит сам: нейтрино могут беспрепятственно проникать, скажем, через чугунную плиту, толщина которой в миллиард раз превышает расстояние от Земли до Солнца. Попросту говоря, для резвых малюток наш земной шар, да и любое другое небесное тело, сколь плотным оно нам ни кажется, так же прозрачен, как обычное оконное стекло для света.

Плюс ко всему нейтрино и антинейтрино не реагируют даже на своих сородичей, жителей микромира. Другие частицы могут видоизменяться, умирать и вновь рождаться, вступать в союз с себе подобными. Но эти, загадочные и странные, почти не вступают в общение ни с какими другими известными формами материи.

После сказанного все претензии к ученым, все обвинения по поводу нейтрино, конечно, снимаются.

Теперь ясно, что поимка нейтрино, пожалуй, посложнее поимки в наши дни целаканта — древней рыбы, исчезнувшей с лица Земли, как считалось, более 50 миллионов лет назад. И все-таки люди поймали живого целаканта!

Обнаружили они недавно и антинейтрино, образующиеся в атомных реакторах.

Да и как могло быть иначе? Хоть нейтрино и антинейтрино — частицы хитрые, умеющие избежать ловушки, однако они существуют, и, значит, не может не быть способа обнаружить их.

И способ нашелся, когда ученые научились освобождать энергию, заключенную в атоме, построили урановый котел. Расщепляясь, ядра атомов урана выбрасывают из своих недр несколько радиоактивных ядер, являющихся источником антинейтрино.

Антинейтрино, конечно, беспрепятственно прони-

кают сквозь бронированную защиту реактора и устремляются в мировое пространство.

А если при выходе из реактора поместить на их пути множество протонов? Теория подсказывает, что при этом хотя бы изредка должен возникать процесс, как бы обратный бета-распаду. Протон «проглотит» антинейтрино и распадется на нейтрон и позитрон. Опознать же эти частицы ничего не стоит. Если приборы зафиксируют их, значит ясно: причиной катастрофы действительно были антинейтрино.

Такой блестящий опыт и осуществили в 1956 году два американских физика: Фредерик Рейнс и Клайд Коуэн, лишив странные частицы мистического ореола. Но для этого ученым пришлось спроектировать особый, чудовищных размеров аппарат и воздвигнуть его рядом с одним из ядерных реакторов, расположенных на реке Саванне. Вот как об этом в нескольких словах говорит американская печать: «Из реактора вылетали квадрильоны квадрильонов нейтрино — нескольких из них Рейнсу и Коуэну удалось остановить».

Так были задержаны и опознаны неистовые частицы.

Это подтвердило теоретическую предпосылку Паули. Однако гипотезе Понтекорво и Смородинского ничем не помогло.

Чтобы подтвердить гипотезу, ученым нужно поймать не те нейтрино и антинейтрино, которые рождаются в атомных котлах, созданных руками человека, а те, которые издавна носятся в просторах вселенной. Вернее, нужно определить их общую массу. Лишь это могло бы подтвердить гипотезу или опровергнуть ее.

Методику такого опыта предложил молодой советский физик Харитонов. Аппарат будет ловить нейтрино, которые попали в него, пронизав земной шар. Для того чтобы избежать мешающего действия частиц космических лучей, приборы будут помещены глубоко под землей. При этом возможны помехи, вызванные естественной радиоактивностью грунта. Поэтому ученый предлагает установить специальное устройство,

которое выключало бы установку, если в нее проникнет любая частица, кроме нейтрино и антинейтрино. Конечно, при этом будут обнаружены и те из них, которые постоянно рождаются вновь при различных ядерных реакциях. Однако подсчеты позволят оценить как количество этих молодых частиц, так и число тех, которые принимали участие в начальных стадиях эволюции мира.

АСТРОНОМИЯ НЕВИДИМОГО

И если ученым действительно удастся обнаружить предполагаемое количество нейтринной массы, эксперимент подтвердит, что мы, несомненно, живем в мире, насыщенном невидимым веществом. Даже если теперь в нашей части вселенной его меньше, чем раньше, все равно можно сделать соответствующий вывод. Вывод о том, что когда-то плотность этого вещества была настолько большой, что всплески материи в виде звезд были ничтожной величиной по сравнению с плотностью нейтрино и антинейтрино. А такое огромное, но относительно небольшое скопление вещества можно вполне объяснить случайностью, или, как говорят ученые, флуктуациями.

Если бы гипотеза подтвердилась, это значило бы, что и в нашей области вселенной число антинейтрино было когда-то так велико, что с лихвой компенсировало превосходство видимых нами частиц над античастицами. Тогда можно действительно предположить, что наш мир был когда-то симметричен. Он состоял приблизительно из равного количества вещества и антивещества. Только античастицы в основном были представлены в лице антинейтрино, а разновидность частиц была гораздо больше. Это и нейтрино и все ранее знакомые нам частицы — протоны, электроны, нейтроны и другие. В те времена нейтрино было так много, что все видимое вещество в звездах, планетах, метеорах, межзвездном водороде по сравнению с ними представляло собою ничтожную величину, с которой тогда можно было просто не считаться.

Задуманный эксперимент может удаться лишь в том случае, если количество нейтрино и антинейтрино в нашей части вселенной все же не слишком мало и если чувствительность приборов будет достаточно высока.

Если же нейтринной массы вокруг нас теперь слишком мало или опыт недостаточно остер, обнаружить невидимое вещество будет невозможно. И тогда мы еще долго будем жить, ничего не зная о роли нейтрино и антинейтрино в эволюции вселенной, а главное, не выяснив вопроса о ее симметрии в прошлом. Мы не узнаем, действительно ли материя и антиматерия в виде нейтрино и антинейтрино постоянно окружают нас или существуют где-то отдельные миры и антимиры, разделенные между собою миллионами километров мирового пространства.

Если нейтринная гипотеза Понтекорво и Смородинского подтвердится готовящимся экспериментом, ученым нет нужды выдумывать миры и антимиры, чтобы спасти в нашем воображении красивую идею о симметрии мира. Мы узнали бы, почему мир вокруг нас несимметричен, хотя раньше, на первом этапе его развития, вещество было уравновешено антивеществом.

Эксперимент еще не осуществлен, и эти предположения еще не подтверждены, но, как бы то ни было, нейтринная гипотеза эволюции вселенной — одна из самых красивых и безумных идей современной физики.

Впрочем, не всякая ли смелая идея кажется поначалу безумной? Когда впервые человек узнал, что Земля круглая, что она не центр мироздания, разве это не было воспринято как ересь?

Но в XX веке, когда наука уходит все дальше от привычных образов, от обыденных представлений, почти каждое новое открытие в микромире кажется парадоксальным.

И разве идея о том, что мы живем в мире, где преобладает невидимое вещество, не кажется действительно безумной?

Итак, «достаточно ли она безумна, чтобы быть правильной»?

ЭХО В ГОРАХ

В природе вокруг нас происходят тысячи событий — любопытных, странных, иногда понятных, часто необъяснимых. Почему они происходят, что их вызвало?

Над этим размышляют ученые и писатели, художники и скульпторы. Они пытаются выразить свои впечатления на красочном языке художественных образов, выразительном языке пластических форм, могучем языке математических формул.

Писателям и художникам об окружающем мире рассказывают только свет и звук. Ученые же овладели не только языком света, но научились понимать язык радиоволн и космических лучей. Это позволило им узнать о таких тайнах мироздания, о которых свет и не подозревает.

Но есть еще один язык, который может рассказать о мироздании самое сокровенное, то, что природа скрыла за семью печатями. Он может раскрыть людям загадку «белых карликов», таинственных, удивительных звезд, горсть вещества которых весит десяток тонн. Объяснить причины, вызывающие грандиозные космические катаклизмы — взрывы целых звездных миров. Поведать секрет термоядерных реакций, бушующих в недрах Солнца и иных светил. И наконец, может помочь осуществить одно из самых фантастических и дерзких намерений ученых — опознать антимиры.

Это язык нейтрино.

...Разгадку многих своих тайн природа прячет в самые недоступные тайники, в глубь атома, в сердце элементарных частиц.

Крошечные сгустки материи рождаются, живут и умирают, а события их жизни отзываются в большом мире как слабое эхо, усиленное в горах.

Кто же может рассказать об этих событиях, если не непосредственные их участники, элементарные частицы? Многие ученые занимаются изучением их языка, этому увлекательному делу посвящает свою жизнь Понтекорво.

— В природе, особенно в масштабах вселенной,— сказал как-то Бруно Максимович,— явления, кажущиеся в лабораторных условиях незначительными, часто имеют большое значение.

И действительно, незаметные, спрятанные глубоко в недрах материи события микромира имеют зачастую самые неожиданные, озадачивающие последствия в мире больших вещей.

В одной из своих статей Понтекорво рассказал о простом, но удивительном опыте.

Представьте себе круглую алюминиевую пластинку. На нее нанесен слой радиоактивного материала, испускающего электроны. Если этот бутерброд подвесить за нитку, прикрепленную к его центру, он начнет... вращаться.

Никаких видимых событий, могущих вывести пластинку из равновесия, не происходит. (Заметьте: видимых причин.) Однако она должна вертеться. И иначе не может быть.

Пластинку будут закручивать электроны, рождающиеся в радиоактивном слое. Все они в силу своей природы вращаются в одинаковом направлении по отношению к своему движению. Этим они напоминают обычный штопор. А так как электроны «испаряются» только вверх (при движении вниз они поглощаются в алюминии), то пластинка должна поворачиваться. Причем, если электроны вращаются по часовой стрелке, пластинка будет крутиться в противоположном направлении. Нечто подобное можно увидеть на фейерверках, наблюдая вращение «чертовых колес».

Было время, когда этот эффект показался бы безнадежно необъяснимым, зловещим, мистическим. Если бы о нем знали проповедники «божьего промысла» или «нечистой силы», они, несомненно, приобрели бы в этой игрушке серьезного помощника. Демонстрация ее, наверно, имела бы больший успех, чем «исцеление» хромых и слепых и прочие фокусы.

Изучив свойства электронов, научившись понимать их «язык», ученые смогли предсказать этот эффект. Такой опыт вряд ли кто из них ставил, ведь

его результат теперь не вызывает ни малейшего сомнения.

И хоть это проявление свойств электронов сегодня никого не удивляет, кажется само собой разумеющимся, оно полно волнующего смысла.

А вот другой пример.

Все вещи и предметы, окружающие нас, все небесные тела пронизаны невидимыми, полными тайны частицами поля тяжести — гравитонами. Их нельзя взвесить, подержать в руках. Ученые не научились еще понимать их природу. И однако, им послушны звездные миры! Планеты, звезды, галактики тяготеют друг к другу и движутся по законам, диктуемым непреклонными гравитонами.

ВЕРНЫ ЛИ ДОГАДКИ?

И нейтрино с антинейтрино принадлежат к частицам, играющим в окружающем нас мире огромную, не до конца еще выявленную роль. Их недаром называют непойманными ворами энергии. Но если в одиночных реакциях микромира воры достаточно скромны, то в большом мире они не стесняются. Из уранового реактора мощностью в сотни тысяч киловатт они уносят в мировое пространство десятки тысяч киловатт! Из Солнца же и других звезд — несколько процентов излучаемой ими энергии, то есть гораздо больше, чем приходится на долю всей Земли.

Это ли не вполне ощутимое следствие событий микромира? Это ли не макроскопический эффект?

Чудовищная проникающая способность нейтрино и антинейтрино позволяет им вырваться из самых глубоких недр звезд, где они рождаются в бурных термоядерных реакциях, и без всяких затруднений отправиться путешествовать по вселенной. Они бороздят просторы космоса, как свет, как радиоволны, не уступая им в скорости. И так же как эти виды излучения, нейтринные потоки несут важную информацию, множество сведений о небесных телах — своих родителях. Они знают о них гораздо больше, чем свет,

чем радиоволны. Ведь свет излучается лишь поверхностью светил. Радиоволны выходят из более глубоких слоев. Нейтринные же потоки рождаются в самых недрах звезд. Они участвуют в процессах, происходящих в таинственных глубинах небесных тел. И не только участвуют, но зачастую играют здесь главенствующую роль.

Ученые предполагают, что в процессе эволюции звезды, по мере того как она раскаляется, нейтринные потоки, извергающиеся из ее недр, становятся все более интенсивными. Их «яркость» становится сравнимой с яркостью света звезды и даже превосходит ее!

Какая заманчивая перспектива открывается в изучении космоса! Нейтрино могли бы рассказать о загадочных процессах, происходящих в недрах «белых карликов» — звезд, раскаленных до чудовищных температур и сжатых невероятными давлениями. Нейтрино, наверно, помогли бы разобраться в динамике взрыва сверхновых звезд, поставщиков космических частиц.

Помогли... Если бы ученые научились ловить их, определять направление их прихода, овладели «языком» нейтрино.

Первоочередная задача ученых, задача очень трудная, но вполне реальная, — зарегистрировать потоки нейтрино от Солнца и с их помощью заглянуть в его недра.

Ученые уверены в том, что наше Солнце — звезда, а не антизвезда, что испускает она нейтрино, а не антинейтрино. Вряд ли можно ожидать, что часть планетной системы — Земля состоит из вещества, а центральное светило из антивещества! Физики рассчитали даже, что поток нейтрино от Солнца на Землю должен составлять колоссальную величину. Она определяется цифрой с одиннадцатью нулями (10^{11} нейтрино на квадратный сантиметр Земли в секунду!).

Но какие ядерные реакции происходят в его недрах? Как работает этот космический термоядерный агрегат? Об этом можно лишь строить гипотезы.

Известно, что энергия, питающая звезды, выде-

ляется за счет превращения водорода в гелий. Но возможны несколько путей осуществления этой реакции. Какой из этих путей реализуется в данной звезде, зависит от ее массы и температуры. Одна реакция может заменять другую в зависимости от возраста звезды. Но все это пока лишь выводы теории. Как узнать, верны ли эти догадки? На это поможет ответить эксперимент, поставленный новой наукой.

Раскрыть секрет Солнца важно и для практики. Ведь того, чего «добилось» Солнце, добиваются люди на Земле. Покорить плазму, осуществить термоядерную реакцию — насущная задача энергетики.

Эксперимент по обнаружению солнечных нейтрино еще не осуществлен. Ни одно космическое нейтрино до сих пор не обнаружено. Намерение изучать космос по нейтринной светимости еще принадлежит к идеям смутным, влекущим своей новизной и заманчивостью. Но это уже первая доска в мостике, который ученые хотят перебросить между мечтой и действительностью.

ЯЗЫК АНТИМИРА

Ближайшая задача нейтринной астрономии — установить язык, на котором разговаривают нейтрино и антинейтрино. Цель ученых — изучить этот язык, как изучили они язык света и радиоволн.

А затем перед человечеством открылось бы много заманчивых возможностей. И одна из них — может быть, самая фантастическая, самая сумасшедшая, но настолько красивая, что она не перестает владеть умами ученых, — это поиски антимиров. Может быть, они действительно где-то существуют в беспредельных просторах космоса?

На этом пути, возможно, ученых ждет много неожиданностей. Представьте себе звезду, которая давным-давно изучена и астрономами и радиоастрономами, которая, по их мнению, ничего особенного собою не представляет. И вдруг окажется, что это вовсе не звезда, а антизвезда! Переполох! Сенсация! Удив-

ленные, негодующие возгласы — почему же мы об этом ничего не знали?!

Да потому, что ни свет, ни радиоволны не могли рассказать об этом. Ведь свет, испускается ли он атомами или антиатомами, состоит из одних и тех же фотонов — частиц истинно нейтральных, не имеющих никакого заряда, ничем не отличающихся от своих античастиц — антифотонов. И звезда и антизвезда испускают один и тот же свет. Только нейтринные потоки от них разные. От звезды — нейтрино, от антизвезды — антинейтрино. От нашего Солнца к Земле, по твердому убеждению ученых, льются потоки нейтрино. Нейтрино рождаются в недрах всех звезд, где основной источник энергии — термоядерные реакции превращения водорода в гелий. Но если только где-нибудь есть небесные тела, в которых антиводород переходит в антигелий, то они будут испускать потоки антинейтрино.

Прощупав небо уловителями нейтринных потоков, можно было бы установить наконец, есть ли где-нибудь в нашей вселенной хоть один антимир. Будь то антигалактика или антизвезда, этот прибор тотчас определил бы их координаты.

Только обнаружив в космосе источник нейтрино или антинейтрино, можно отличить мир от антимира.

Только так можно опознать антимир среди других небесных тел.

Заманчивая, влекущая перспектива! Но... До сих пор ученые смогли установить контакт лишь с мощными потоками антинейтрино, исходящими из атомных реакторов. Даже в этих опытах, в которых через каждый квадратный сантиметр счетчика проходило 10 тысяч миллиардов антинейтрино в секунду, а объем счетчика равнялся одному кубическому метру, за час удавалось зафиксировать только несколько актов взаимодействий антинейтрино с веществом счетчика.

Потоки нейтрино и антинейтрино из космоса, вероятно, гораздо слабее, поэтому предстоит огромная работа по увеличению чувствительности аппаратуры и устранению мешающего влияния частиц, образую-

шихся в результате радиоактивных процессов в веществе, окружающем установку.

— Эта трудность так велика, что я не уверен в том, что упомянутая задача будет решена в ближайшее время, — охлаждает наш пыл с несвойственным ему пессимизмом Понтекорво.

Хочется думать, хочется надеяться, что эта трудность будет преодолена. Возможно, самим Понтекорво. Он сделал немало, чтобы изучить характер и свойства загадочных нейтрино и антинейтрино. Его работа в области физики нейтрино была удостоена Ленинской премии 1963 года. А может быть, другим или другими учеными. Да это и несущественно. Главное — новая вершина будет взята.

ПУТЕШЕСТВИЕ К «КОНЦУ СВЕТА»

И несогласие согласие рождать способно.

ИЗ ОВИДИЯ

ЗАМЕТКА В ЖУРНАЛЕ



ак-то девятилетний сын Эйнштейна, Эдуард, спросил отца: «Папа, почему, собственно, ты так знаменит?» Эйнштейн рассмеялся, потом серьезно объяснил: «Видишь ли, когда слепой жук ползет по поверхности шара, он не замечает, что пройденный им путь изогнут, мне же посчастливилось заметить это».

Тем не менее Эйнштейн, творец теории относительности, не заметил, что шар, по которому ползет жук, раздувается, как мыльный пузырь! И когда в 1922 году советский ученый А. А. Фридман объявил: из общей теории относительности следует, что вселенная расширяется, что звездные миры, галактики, межзвездное вещество разбегаются постоянно и неотвратимо, многие вместе с Эйнштейном пожали плечами — безумная идея.

Эйнштейн даже опубликовал заметку, в которой утверждал, что работа Фридмана неверна, а полученные в ней результаты не имеют смысла. Этот приговор, казалось, обрекал труд Фридмана на забвение.

Но даже боги могут ошибаться, и Эйнштейн, ставший богом физиков, не избег печальной участи. Советский физик Крутков, посетивший Эйнштейна в Берлине, показал Эйнштейну письмо Фридмана, со-

держащее анализ критической заметки Эйнштейна. Всемирно известный ученый с присущей ему обстоятельностью изучил письмо, пришедшее из страны большевиков. Долгие годы он работал над сложнейшими вопросами физики и знал, что ошибки здесь неизбежны. Заблуждаться — дело божье, упорствовать в заблуждении — дело дьявольское, гласит народная мудрость. И Эйнштейн пишет в немецкий «Физический журнал» новую заметку в несколько строк. Вот она (не часто увидишь пример такой благородной научной самокритики!):

«Заметка о работе А. Фридмана «О кривизне пространства».

А. Эйнштейн, Берлин.

(Поступило 13 мая 1923 года)

В предыдущей заметке я критиковал названную работу. Однако мое возражение основывалось на вычислительной ошибке, в чем я, по совету господина Круткова, убедился из письма господина Фридмана. Я считаю результаты господина Фридмана правильными и исчерпывающими. Оказывается, что уравнения поля допускают для структуры пространства наряду со статическими решениями и динамические (то есть изменяющиеся со временем) центрально-симметричные решения».

КТО ОН?

После такого головокружительного вторжения в физику имя Фридмана стало все чаще повторяться в кругах ученых.

Что представляет собою этот русский ученый? Восходящая ли это звезда? Или сверхновая, в пору зрелости заявившая о себе взрывом гениальности? Короче говоря, кто такой Фридман?

Сведения о нем ошеломляли не меньше, чем его открытие. Фридман? Да это сын петербургского музыканта, того самого, который для привлечения вни-

мания публики к первой русской железной дороге дирижировал оркестром прямо на перроне, говорили одни.

Фридман — военный летчик, перебивали другие. В 14-м году он ушел добровольцем на фронт и даже получил «георгия».

Действительно, добавляли третьи, Фридман налетал много часов, но не как летчик. Он рассчитывал зависимость попадания артиллерийских снарядов в цель от скорости полета, от состояния погоды, изучал законы движения воздушных масс. Полеты интересовали его в основном как метеоролога.

Значит, он метеоролог? Ну конечно! Более того, он родоначальник русской метеорологии. До него метеорологией занимались лишь иностранцы, и Фридман считал, что ее губят бытующие в этой области грубые приближенные методы, фактически низводящие ее с уровня науки к гаданию на кофейной гуще. Фридман большой энтузиаст, он вовлек в метеорологию многих видных ученых. После войны он возглавил обсерваторию, где раньше директорствовали лишь видные сановники и генералы. В обсерватории он буквально перевернул все вверх дном. Установил образцовый порядок, обновил аппаратуру. Это о нем шутя говорили сотрудники: «Фридман прапорщик, а вертит обсерваторией не хуже генерала». Он добивался того, чтобы метеорология стала точной наукой, он стремился создать теорию, которая позволила бы научно предсказывать погоду. Он всеми силами внедрял в метеорологию математику.

Так Фридман математик? Конечно, отзывались четвертые, он один из талантливейших учеников великого русского математика Стеклова. Окончил Петербургский университет в 1910 году. После революции уехал преподавать в Пермь. Тогда впервые возникла идея о том, что науку нельзя сосредоточивать только в центре. И в Перми было решено создать университет. Там собралась компания талантливых молодых ученых, которые хотели сделать этот университет идеальным. Они решили в Перми ис-

править промах Петроградского университета. Этот промах заключался в том, что выпускники университета обладали очень скромным математическим багажом. Тогда кончали университет, не зная рядов Фурье, фундамента прикладной математики. В университетском курсе механики отсутствовал раздел колебаний. Понятие резонанса не волновало ни студентов, ни преподавателей. О нем просто умалчивали.

Академик Иван Васильевич Обреимов, который учился вместе с Фридманом с разницей в несколько курсов, вспоминает, что в двадцатых годах возникла идея организовать в Петроградском университете так называемый волновой семинар, который помог бы выпускникам расширить свой математический кругозор.

— Я руководил этим семинаром, — говорит Иван Васильевич. — Помню, на первом заседании выступил математик Тамаркин, на втором я сделал доклад о распространении волн в волноводе. А на третьем семинаре выступил Фридман. Тогда-то мы и услышали ошеломившее весь научный мир сообщение о решении эйнштейновского уравнения. Нужно признаться, мы в то время полностью не оценили великого значения работы Фридмана.

Между прочим, — добавил Иван Васильевич, — Фридман достигал больших высот не только фигурально, но и буквально. В 1925 году, производя метеорологические наблюдения, он поднялся на аэростате на высоту более семи километров. А вскоре Фридман уехал отдыхать в Крым, выпил там плохой воды и скончался от тифа в возрасте 38 лет. Нелепый, трагический случай...

ОТКРЫТЫЙ ИЛИ ЗАКРЫТЫЙ МИР?

Сегодня метеорологи говорят, что главное дело жизни Фридмана — метеорология. Без него русская метеорология долго плелась бы в хвосте иностранной. Фридман подготовил почву для научного обоснования

прогнозов погоды, он по праву считается отцом русской метеорологии.

А решение эйнштейновских уравнений, по словам метеорологов, — эпизод. Это было для него не главным. Так, забава между дел.

И тем не менее физики всего мира недавно отметили сорокалетие величайшего события, когда люди узнали, что один из основных законов развития вселенной — ее расширение.

История недолгого конфликта Фридмана с Эйнштейном особенно привлекла внимание к новому открытию. Сначала многие, не разобравшись, но полагаясь на авторитет Эйнштейна, решительно перечеркнули фридмановское решение, назвав его ересью. Затем, узнав об извинении Эйнштейна, кинулись в другую сторону: стали превозносить Фридмана и всячески раздувать «ошибку» Эйнштейна. Эти люди не скоро поняли, что, собственно, никакого несогласия, никакого конфликта не было.

Эйнштейн, исходя из интуитивных соображений, считал мир бесконечным во времени и искал так называемые стационарные решения своих уравнений. Сейчас нам кажется странным, как это Эйнштейн, стремившийся всюду заменить интуицию строгим анализом, проявил здесь слабость. Фридман же, будучи математиком, просто рассмотрел еще одно возможное решение уравнений.

Его не смутило, что решение противоречит привычной картине вечного мира. Раз решение с точки зрения математики возможно, его надо получить и исследовать. Что означает это решение, какие выводы из него следуют — этим математик может не интересоваться. Пусть с этим разбираются физики. Так Фридман пришел к сенсационному выводу — вселенная расширяется.

Да, Фридман сделал поразительное открытие. Оно укрепилось в науке не только авторитетом Эйнштейна, но впоследствии и авторитетом еще более высоким — опытом. Астрономы, наблюдая в телескопы далекие звездные миры, убедились: в соответствии с результатами Фридмана все небесные тела уда-

ляются от нас, и тем скорее, чем дальше они находятся.

Счастье, что Фридман был математиком. Иначе он, возможно, счел бы свое решение невероятным и выбросил его в мусорную корзинку. Прочитав в уравнениях о начале и конце мира, трудно остаться безмятежным!

А какой иной вывод можно было сделать из факта расширения вселенной? Если сейчас звезды и галактики уплывают в недосягаемую даль, значит когда-то они были сжаты в единый плотный комок? В то время не существовало ничего похожего на современную вселенную. Тогда она только рождалась и лишь с течением веков и веков приобрела знакомые нам очертания.

Естественно, возникает вопрос: как долго будет продолжаться расширение вселенной? Будет ли оно длиться бесконечно или когда-нибудь наш мир, сдержав свой порыв, начнет сжиматься и вновь превратится в сверхплотный комок?

Фридман получил два решения уравнения. Из одного следовало, что действительно в какой-то отдаленный момент времени, который можно считать условно за начало развития вселенной (а было это 5—10 миллиардов лет назад), все расстояния в этом первобытном мире были равны нулю, а плотность материи была бесконечно большой. Это было нечто похожее на первичный сверхатом Леметра. Именно такой представлял вселенную в момент ее рождения французский писатель и философ. А затем вещество новорожденного мира начало разлетаться (по Леметру — сверхатом взорвался). Объем вселенной начал неограниченно увеличиваться, увеличивается и поныне и, возможно, будет расти всегда.

Расширение вселенной при этом мыслится бесконечным. Такая модель вселенной в научных кругах получила название «открытой».

Но второе решение того же эйнштейновского уравнения оказалось для человечества в принципе более трагичным. В начальной своей части оно не противоречило первому решению. И оно начиналось

с плотно сжатого комка первоматерии. Но оно предсказывало и конец мира. Расширение вселенной не бесконечно, утверждало второе решение. В какой-то момент разбегание галактик прекратится, звезды, планеты, межзвездное вещество начнут вновь сжиматься, и мир опять превратится в комок чудовищно спрессованной материи.

До сих пор астрономы не могут ответить однозначно на вопрос о том, какой модели — открытой или закрытой — соответствует наша вселенная. Наблюдения должны дать какой-то ответ, но пока точность измерений недостаточна.

Возможно, где-то, на расстоянии триллионов световых лет от нас, небесные тела уже замедляют свой бег; может быть, где-то галактики уже повернули в обратный путь, и открытая модель переходит в закрытую...

Пока наука не обладает такими сведениями. Но астрономы определили скорость разбегания галактик. Те из них, между которыми пролегают расстояния в миллионы световых лет, разбегаются со скоростью 55 километров в секунду. Ученые предполагают, что при расстояниях, вдвое больших, и скорость больше вдвое; при расстояниях, больших в три раза, и скорость разбегания увеличивается втрое.

Наибольшая найденная скорость убегания — 120 тысяч километров в секунду, более трети скорости света!

Измерения продолжаются. Результаты уточняются.

НАКАЗАНИЕ ЗА УПРОЩЕНИЕ

Тридцать лет физики мирились с возможностью конца мира. Одних утешало то, что до конца пройдут миллиарды миллиардов лет. Другие, ссылаясь на парадоксальность выводов, призывали к разгрому теории относительности, называя ее антинаучной и реакционной. Третьи, понимая, что конца не мо-

жет быть, пытались найти выход из тупика и, натыкаясь на новую стенку, ковали более мощное оружие.

Трудности были столь велики, что никто до последнего времени не сумел уточнить решение Фридмана. Математика не могла справиться с уравнениями, сколько-нибудь подробно описывающими строение реального мира.

Фридман, чтобы упростить задачу, сделал допущение, которое намного облегчило его труд, но зато привело к роковому выводу. Фридман решил исходить не из картины реального мира, а мира идеального. Мира, в котором распределение материи не произвольно, а в среднем упорядоченно — однородно. В представлении ученого мир походил не на поле, по воле случая усеянное цветами. Фридмановская вселенная напоминает клумбу, распланированную и засеянную педантичным садовником, клумбу, где на каждом квадратном метре высеяно определенное количество цветов.

Фридман для упрощения математических операций решил считать, что в звездном мире в каждом одинаковом, достаточно большом объеме мирового пространства живет строго определенное количество небесных тел. Такому миру второе решение уравнения общей теории относительности и предсказывало неминуемый конец...

Как же все это было? Как будет? Было ли начало и будет ли конец света на самом деле?

В Москве, в Институте физических проблем Академии наук СССР, загадки, возникавшие из решений Фридмана, давно вызывали ожесточенные споры. Особенно активными их участниками были два доктора наук — Е. М. Лифшиц и И. М. Халатников. Они решили уточнить фридмановские расчеты, исследовать вселенную вблизи загадочных точек, прощупать начало и конец мира скальпелем математики. Их ждала кропотливая и сложная работа, чем-то напоминающая поиски клада.

Узнав, что сокровище зарыто в какой-то далекой стране, кладоискатели уверенно берут курс прямехонько на неведомый континент. Они не сомневаются

в успехе: полдела сделано — карта найдена, клад почти в руках. Но, оказывается, чем ближе к цели, тем задача сложнее. Вот селение, указанное в старинном свитке, вот холм, близ которого зарыт клад... Но что это за роща, откуда появился овраг, где же три дерева и колодец между ними, в котором скрыто сокровище?!

Изменился рельеф местности, колодец высох, три дерева превратились в рощу...

А как подобраться к заметным точкам, спрятанным в глубине веков? Как разобраться в сложнейших изменениях, постигших звездный мир? Как преодолеть космический океан, где бушуют шквалы магнитных и электрических полей, где таинственные силы тяготения управляют движением огромных галактик и мельчайших пылинок?

Фридман указал путь в общих чертах. Лифшиц и Халатников должны были выработать точный математический маршрут, учесть все приметы времени и пространства, использовать все ресурсы современной науки.

И когда они приблизились мысленным взором к цели... конца мира они не нашли. Его не оказалось. Расчеты показали, что реальный мир не может иметь конца. Он был лишь во фридмановских решениях и являлся следствием идеализации вселенной, упрощений, допущенных автором. Конец мира был своеобразным наказанием за несовершенство математического аппарата, которым пользовался Фридман.

Лифшиц и Халатников, проведя чрезвычайно сложные расчеты, убедились, что вселенная никогда не съежится, как высохший плод, что, если она когда-нибудь и начнет сжиматься, это сжатие не будет столь велико, чтобы звездные миры слиплись в комок. Математический анализ показал, что из общей теории относительности не вытекает гибель вселенной. Огромным достижением советских физиков является то, что они подтвердили строгим математическим расчетом бесконечность развития мира — од-

но из принципиальных положений диалектического материализма.

А что можно сказать о другом, не менее загадочном этапе развития мира, о его начале? Путешествие в район возникновения вселенной пока невозможно. По мнению академика Л. Д. Ландау, это еще не по силам современной науке.

ЧТО ДЕЛАЛ БОГ ДО СОТВОРЕНИЯ МИРА?

Мало ли вопросов, которые еще не по силам науке, но над которыми думают ученые: что такое вселенная, как она устроена, почему вселенная существует?

«Первый вопрос представляется самым простым, и мы можем дать на него бойкий, хотя и неполный, ответ, пробормотав что-то о материи, тяготении, времени и протоплазме. Отвечая на второй вопрос, мы отваживаемся говорить о законах природы, о «тепловой смерти» и разбегании галактик. Однако в ответ на вопрос: «Почему вселенная существует?» — мы можем лишь воскликнуть: «Один бог знает!» И по-видимому, это и есть «предельная» информация».

Таков шуточный анализ состояния вопроса о познании вселенной, который делает один из виднейших современных ученых — американский астроном Харлоу Шепли. Но эта проблема, несмотря на свою кажущуюся безнадежность, тем не менее не теряет своей притягательности.

Загадка рождения вселенной не перестает будоражить воображение. Появился целый набор гипотез. Есть среди них и такая, которая вообще отрицает какое бы то ни было начало. Прошлое мира, утверждает она, столь же бесконечно, как и его будущее. «Существует непрерывное творение материи из «ничего», необходимое, чтобы компенсировать потерю того вещества, которое вследствие расширения материальной вселенной вытекает «через край мира». Но физика не дает оснований для таких предположений.

Все-таки, доказывает математика, начало мира было. Было, хоть эта проблема относится к числу «неприятных». Почему «неприятных»?

— Да потому, — объясняет Халатников, — что у людей, впервые слышащих об удивительных результатах космологии, возникает естественный вопрос: а что было до начала возникновения вселенной? Но так как начало течения времени совпадает с возникновением вселенной, то такой вопрос является бессмысленным. Ведь понятия «до» и «после» без привлечения понятия времени теряют смысл.

Даже блаженный Августин, живший в V веке и прославившийся воинствующим религиозным мракобесием епископ, которому принадлежат слова: «Лучше сжечь еретиков живьем, чем дать им коснеть в заблуждениях» — и тот задумывался над актом рождения вселенной. В своей исповеди он задается вопросом: «Что делал бог до того, как он создал мир?» Его явно не удовлетворял известный ответ: «Бог был занят тем, что создавал ад для людей, задающих глупые вопросы».

— Время возникло вместе с миром, оно, стало быть, принадлежит миру, и поэтому в то время, когда не существовало вселенной, не было и никакого времени, — говорит один из создателей квантовой механики, Гейзенберг.

КОСМИЧЕСКИЙ ЗАМОК

Особенно увлекает ученых решение таких проблем, как первоначальный состав мира, его строение. Из какого вещества, из каких элементарных частиц состояла вселенная в детстве, была ли она горячей или холодной? Очень горячей и состояла почти из одних нейтронов, уверяют американские ученые Гамов, Альфер и Герман и называют даже цифру — миллиард градусов через 10 минут после начала расширения. Академик Я. Б. Зельдович, напротив, считает, что в начальной стадии вселенная была холод-

ной и состояла из протонов, электронов и нейтрино. Только в холодном состоянии и только в присутствии нейтрино протоны и электроны могли слипнуться в атомы водорода, который, как известно, преобладает в природе. Будь на месте нейтрино нейтроны, наш мир состоял бы в основном из гелия и других элементов, более тяжелых, чем водород. Действительность, таким образом, поддерживает точку зрения Зельдовича.

Зельдович сумел мысленно проследить и первые этапы расширения вселенной, во время которых массы водорода (настолько холодные, что он был жидким или даже твердым) могли распасться на отдельные гигантские капли или глыбы. Разлетаясь во все стороны и снова притягиваясь друг к другу, они постепенно сливались, образуя зародыши звезд, а затем и сами звезды.

Это одна из новейших гипотез сотворения мира, но не единственная. В настоящее время существует 15 гипотез, предложенных учеными многих стран, стремящимися объяснить происхождение Земли и солнечной системы. И ни одна из них не является полностью удовлетворительной. «Если бы мы знали не так много, нам пришлось бы меньше объяснять...»

Нейтринную точку зрения на начальный период развития вселенной развивают академик Б. М. Понтекорво и доктор физико-математических наук Я. А. Смородинский. Они приписывают нейтрино и их антиподу — антинейтрино, частицам невидимым и до недавнего времени неуловимым, особую роль в формировании вселенной. Они считают, что когда-то масса нейтрино и антинейтрино была очень большой, гораздо большей всех остальных видов материи. Их было значительно больше, чем протонов, нейтронов, электронов и других элементарных частиц. В те времена ученым не пришлось бы далеко ходить в поисках антимира. Нейтрино и антинейтрино представляли удивительный пример содружества вещества и антивещества, мира и антимира. Содружества, подтверждавшего красивую идею о равноправии ве-

щества и антивещества, идею симметрии мира, которую в наши дни вселенная, по-видимому, окончательно утратила. Но и это не единственная гипотеза, трактующая вопросы образования вещества и антивещества.

Итак, говоря словами одного из современных астрономов, «мы набросали перед читателями что-то вроде эскиза космического замка. Конечно, мы не закончили нашего строительства. Я не могу даже сказать, закладываем ли мы фундамент или кроем крышу. Вероятнее всего (и это самое большее, на что мы можем рассчитывать), мы строим какое-то вспомогательное помещение перед возведением самого здания».

Развивающаяся наука, несомненно, поможет ученым построить в нашем представлении великолепное, величественное здание нашего мира. Сегодня мы можем сказать о вселенной гораздо больше, чем в свое время могли сказать о ней наши предки, которые не шли в своей дерзости дальше утверждения, что в центре мироздания находится Земля или Солнце. Мы давно перешагнули через это эгоистическое заблуждение. А наши потомки, несомненно, перешагнут через путы, которые сегодня еще сковывают наш разум. Они с еще большей легкостью перешагнут через незнание, непонимание многих законов природы. И наш образ мышления, увы, наверняка назовут примитивным.

УЧАСТИЕ В ИГРЕ ГРАНДИОЗНОЙ

Да и что в этом удивительного! Мы изучаем космос всего несколько тысячелетий. По космическим часам это пустяк. За это время Плутон, например, сделал всего какой-нибудь десяток витков вокруг Солнца. А ведь число и возможности наших органов чувств ограниченны. Правда, человек давно призвал себе в помощь технику. Уже сегодня есть электронные вычислительные машины, способные «рассчитать» всю вселенную. Теория относительности

Эйнштейна дает возможность по распределению масс небесных тел в мировом пространстве предугадать законы их движения, расположение в будущем. Узнать, что будет с миром через тысячу, через миллион лет, — эта задача принципиально решается сегодня. Принципиально... Чтобы решить ее фактически, надо было бы задать машине уравнение, в котором описан весь сегодняшний мир во всех подробностях. Уравнение, в котором бы каждая галактика, каждая звезда, каждая пылинка заняли свое место. И машине останется всего лишь транспонировать это уравнение в будущее, как транспонирует музыкант мелодию из одной тональности в другую.

Но этих-то подробностей об окружающем нас мире и не хватает современной науке. Ученые видят вселенную лишь на расстоянии видения самых сильных радиотелескопов. Правда, мощь телескопов все время повышается. Они видят все дальше и дальше. За последние сорок лет радиус обозреваемого пространства увеличился в десять тысяч раз. А если радиус сферы, куда могут проникнуть телескопы, увеличить всего в 10 раз, то число звезд возрастет примерно на число с 23 нулями! И все-таки мы можем лишь сказать, сколько звезд нам известно, но не можем знать, сколько небесных тел живут вне поля нашего зрения.

То, что сейчас от нас далеко, было когда-то близко. Когда вселенная только начала расширяться, далекие сейчас миры были где-то рядом с нами и участвовали в формировании нашего участка звездного мира. В своем движении органично связанные, переплетающиеся части вселенной взаимодействуют, влияют друг на друга. Присутствие материи меняет свойства пространства и времени. Каждая звезда, каждая планета вносит свой вклад в картину мира. И делать выводы о вселенной в целом нельзя, не зная жизни ее отдельных частей.

Вот почему «думающая» машина, не знающая того, чего не знает человек, не может справиться с принципиальной трудностью предсказания карти-

ны будущего мира, хотя математически эта задача ей по плечу.

Да так ли уж важно нам заглянуть во вселенную 300-го или 500-го века, не пройдя этапа ее постепенного познания, не понимая скрытых еще законов ее развития, не пережив психологическую эволюцию человеческого разума?

Когда-то людей, пытавшихся заглянуть в будущее, называли пророками. Но что бы сказали древние пророки, если бы кто-нибудь поведал им об открытиях науки нашего, XX века? Они не поверили бы своим ушам! Наше видение мира, по словам Шепли, без сомнения, также несовершенно, но мы по крайней мере сознаем, что принимаем участие в игре, гораздо более грандиозной, чем считали в древние времена.

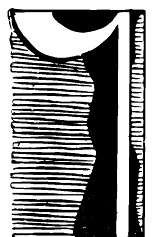
— Мы надеемся, — говорит ученый, — что будущее принесет нам более фундаментальные знания и более великие идеи. Конечно, придут и более глубокие мысли, и шире будет область господства разума, совершеннее понимание функций человеческого мозга, выше честолюбие людей, принимающих участие в самых великих явлениях природы — явлениях космических масштабов.

КОСМИЧЕСКОЕ ОМОЛОЖЕНИЕ

Есть многое на свете, друг Горацио, о чем не снилось даже нашим мудрецам.

ШЕКСПИР

ИСЧЕЗ ДЕНЬ



етыре с половиной века назад Магеллан, португальский капитан на испанской службе, начал плавание с целью достичь Молуккских островов западным путем. Вопреки учению церкви он верил в шарообразность Земли и надеялся, что Американский материк можно обогнуть с юга. Он преодолел труднейшую часть пути, пересек Атлантический и Тихий океаны и, почти достигнув царства пряностей, погиб в стычке с жителями Филиппинских островов. Лишь двум кораблям из пяти начинавших плавание удалось достичь цели. Здесь они разделились. Один направился в обратный путь, но был захвачен португальцами. Другой, во главе с опытным моряком дель Кано, продолжал двигаться в западном направлении через Индийский океан. Обогнув Африку, он вскоре достиг островов Зеленого мыса, на которые эскадра заходила в начале пути. Здесь, по существу, закончилось первое кругосветное путешествие. Его завершили 18 человек из 265. И этим 18 морякам довелось стать первыми людьми на Земле, потерявшими в плавании... день.

Высадившиеся на берег моряки были поражены. Судовой календарь в этот день показывал среду, а люди на острове утверждали, что у них четверг.

Тщательная проверка судового журнала «Виктории» не обнаружила ошибки. Записи велись правильно. Моряки были уверены, что ошибаются островитяне: ведь на берегу никто не ведет записей.

Так, завершив первое кругосветное плавание, моряки привезли в Европу новую тайну. Календарь на борту отстал на сутки от календаря на берегу. Во время плавания были потеряны не только люди и корабли, но и целые сутки...

Весть о загадочной потере взволновала весь цивилизованный мир. Понадобилась большая прозорливость и даже смелость, чтобы в то время связать потерю суток с вращением Земли. Корабли плыли почти три года, и потеря накапливалась постепенно и незаметно. В наши дни, в век реактивных самолетов, можно вылететь в западном направлении и, перемещаясь вместе с Солнцем, вернуться в исходную точку. На такой полет будут затрачены ровно сутки, но человек в самолете все время будет видеть Солнце в зените так, что по Солнцу его «время» будет неподвижно. Он не должен будет переворачивать календарь, так как в самолете день не сменится ночью, хотя часы на руке пилота покажут, что на кругосветное путешествие ушло 24 часа.

СЫН СТАРШЕ ОТЦА

Оставшиеся в живых спутники Магеллана «помолодели» на сутки по сравнению с остальными жителями Земли. В то время этот факт взволновал массы людей, пожалуй, сильнее, чем нас волнует возможность омоложения при полетах на космических ракетах.

Конечно, между этим омоложением и географическим омоложением спутников Магеллана есть существенная разница. Омоложение при дальних космических полетах может оказаться действительно реальным, в то время как географическое омоложение имеет совершенно формальный характер. Ведь бабочка-однодневка, совершив кругосветный полет на

реактивном самолете и вернувшись через сутки в точку отлета, умрет одновременно с такой же бабочкой, не покидавшей аэродрома.

Совершенно иначе будет с будущим космическим путешественником, летящим на сверхскоростной ракете. Из теории относительности следует, что в ракете, летящей со скоростью, близкой к скорости света, время будет течь заметно медленнее, чем время на Земле. Это значит, что часы на ракете будут идти медленнее, чем часы на Земле; пульс космонавта, если его измерить при помощи земных часов, будет биться медленнее, чем пульс его товарища, оставшегося на Земле. Словом, все процессы, в том числе и старение живого организма, будут соответственно замедлены.

Расчеты показывают, что при скорости ракеты в 240 тысяч километров в секунду, то есть при скорости, равной 80 процентам от скорости света, время в ракете замедлится настолько, что за каждый земной час на ракете будет протекать всего 36 минут. Бабочка-однодневка будет жить в такой ракете по земным часам около полутора суток (по часам, находящимся в ракете, она, конечно, проживет ровно сутки).

Если двадцатилетний космонавт пробудет в полете на такой ракете 30 лет, то, вернувшись на Землю пятидесятилетним человеком, он обнаружит, что его сверстники постарели на 50 лет и стали семидесятилетними стариками. Они израсходуют на 20 календарей больше. Сын космонавта, родившийся в день отлета отца, станет его сверстником; он встретит пятидесятилетнего отца в день своего пятидесятилетия.

Более того, если полет по часам космонавта продлится свыше 30 лет, то его сын окажется старше отца!!!

Как понять разницу между «космическим» и «географическим» омоложением?

Почему мы считаем первое реальным, а второе кажущимся?

Дело в том, что время в реактивном самолете течет практически с такой же скоростью, что и на Зем-

ле. Длительность жизни бабочки, скорость биения пульса человека, движение стрелок часов не зависят от видимого движения Солнца. Стоит ли Солнце неподвижно над летящим на запад реактивным самолетом или движется над полем аэродрома, скорость течения времени от этого не меняется. Все различие объясняется лишь тем, что мы условились срывать листок календаря в полночь, то есть ровно через двенадцать часов после того, как Солнце достигло высшей точки на небосводе. А из окна нашего самолета Солнце всегда видно в одинаковом положении, так что срывать листки календаря, по условию, нельзя. Парадокс состоит в том, что в этом самолете время течет, а счет суток, связанный с восходом и заходом Солнца, прекращается.

Если же условиться срывать листки календаря каждые 24 часа, руководствуясь не Солнцем, а часами, то все придет в норму. Парадокс исчезнет.

Можно привести еще один аргумент, не имеющий особого научного смысла, но зато обладающий большой наглядностью. Время не зависит от количества видимых восходов и заходов Солнца. Задвинув шторы или забравшись в подвал, мы не будем видеть смены дня и ночи. Но и в подвале мы не перестанем стареть. Остановив часы, нельзя остановить хода времени. Время течет независимо от воли и сознания человека. Оно течет в соответствии с законами природы, а эти законы таят в себе много неожиданностей.

Эти законы приводят к тому, что в сверхскоростной ракете время действительно течет медленнее, чем на Земле. Ракета улетает далеко от Солнца, и счет суток в ней придется вести по часам, летящим в ракете, а эти часы действительно будут идти медленнее, чем часы, оставшиеся на Земле.

КТО ЖЕ МОЛОЖЕ?

Тот факт, что время нельзя остановить, известен каждому из личного опыта. Но тот же жизненный опыт утверждает, что время всюду течет одинаково.

Поэтому возможность построения машины времени кажется атрибутом фантастического романа, а не научным фактом.

Тем более что первое знакомство с теорией относительности сводится к подчеркиванию того наглядного и бесспорного факта, что две ракеты, движущиеся по инерции навстречу друг другу, совершенно равноправны. Из этой теории следует, что приборы в первой ракете покажут, что отстают часы во второй ракете, в то время как такие же приборы во второй ракете покажут, что отстают часы первой ракеты!

Значит, космонавт из первой ракеты будет считать, что он стареет быстрее, чем его товарищ, летящий на второй ракете. А этот товарищ будет столь же уверенно утверждать, что стареет быстрее именно он.

Кто же из них стареет быстрее? Кто действительно окажется старше, космонавт, возвратившийся из полета к далеким звездам, или его сверстники, оставшиеся на Земле?

Простое нагромождение этих вопросов может привести к выводу о непостижимости теории относительности, о том, что для ее понимания необходима специальная подготовка, а обычный человек должен принимать ее результаты на веру.

В течение долгого времени даже специалисты не могли освоиться с ее удивительными результатами.

Покойный поэт С. Я. Маршак выразил это следующим четверостишием:

Был этот мир глубокой тьмой окутан.
Да будет свет! И вот явился Ньютон.
Но Сатана недолго ждал реванша,
Пришел Эйнштейн — и стало все как раньше.

К счастью, это не так. Конечно, для овладения математической частью теории необходима специальная подготовка. Но получаемые ею результаты, ее физические выводы доступны каждому. Они кажутся парадоксальными только при поверхностном ознакомлении.

Теория относительности покоится на гранитном фундаменте опыта. А опыт говорит, что для того, чтобы обнаружить движение по инерции, необходимо хотя бы одно тело, не участвующее в этом движении. Даже если такое тело существует, то можно обнаружить только движение относительно этого тела, а не движение само по себе.

Космонавт, находясь в состоянии невесомости в сверхскоростной ракете, летящей к звездам, при закрытых иллюминаторах не может обнаружить этого движения. Здесь ему не помогут никакие приборы.

Этот факт, угаданнный гениальной интуицией Эйнштейна, является обобщением всего многовекового опыта человечества. Он еще не проверен непосредственно, но уже космонавты, выполнившие орбитальные полеты вокруг Земли, могут подтвердить, что это утверждение близко к действительности. (Во время орбитального полета космический корабль движется под действием притяжения Земли по искривленной орбите, близкой к эллипсу. Такое движение можно обнаружить и внутри корабля при помощи точных приборов, например при помощи гироскопа.)

Это значит, что все без исключения процессы будут проходить совершенно одинаково на всех космических кораблях, движущихся по инерции с любыми скоростями в любых направлениях.

Если бы это было не так и существовал хотя бы один процесс, зависящий от скорости движения, то этим процессом можно было бы пользоваться для непосредственного измерения скорости. Весь опыт человеческой деятельности свидетельствует, что такого процесса нет и не может быть.

Именно из этого факта и из того, что скорость света тоже не зависит от того, с какой скоростью движется по инерции источник света, вытекают все возникшие у нас вопросы.

Ясен и ответ.

Если приборы на одной ракете отмечают, что другая ракета удаляется со скоростью 240 тысяч кило-

метров в секунду, то они отметят, что часы на удаляющейся ракете проходят только 36 минут за час, а метр на ней имеет в длину только 60 сантиметров. Совершенно то же отметят приборы на другой ракете. И то и другое верно. Если это было бы не так, то появился бы путь измерения абсолютной скорости, а это невозможно.

Нет ли здесь противоречия?

Нет, противоречия здесь нет. Для пояснения можно сослаться на двух людей, расходящихся по ровной дороге. По мере удаления каждому из них кажется, что другой становится меньше. Это можно подтвердить и измерением угловых размеров, например при помощи обыкновенного транспортира.

Однако можно возразить, сказав, что это только кажется, что, сойдясь вновь, путники обнаружат, что их размеры не изменились.

Конечно, пример не доказательство. Но интересно, что и в этом примере для установления истины путникам пришлось сойтись вместе.

Что же будет, если вновь сойдутся наши космические корабли? Пока они разлетаются, часы на них взаимно отстают. Что же покажут их часы при новой встрече?

Ответ гласит: это зависит от того, как они будут сближаться.

Космические корабли равноправны только, пока они движутся по инерции с выключенными двигателями. Но при этом они летят с постоянной скоростью по прямому пути, разлетаясь все дальше и дальше. Для того чтобы сблизиться, хотя бы один из них должен повернуть назад.

В этом все дело! Для поворота назад необходимо включить двигатели, погасить скорость и вновь разогнаться в обратном направлении. В течение этого маневра корабль уже движется не по инерции, а с ускорением. Состояние невесомости прекращается, и возникают перегрузки. Для того чтобы обнаружить их, не надо выглядывать наружу. Перегрузки ощущают и приборы и живые организмы. Ускорение в этом смысле абсолютно.

Все процессы в корабле, испытывающем ускорение, отличаются от процессов в корабле, летящем по инерции.

Теория относительности дает первый очевидный ответ на вопрос о том, что окажется при встрече.

Если оба корабля будут совершенно одинаково тормозиться и вновь ускоряться и затем встретятся (а это произойдет в той же точке, где они расстались), то часы на них будут показывать одинаковое время. Никакого противоречия не будет, никто из космонавтов не станет старше другого. Все будет (с первого взгляда), как в примере с путниками, расходящимися и вновь сходящимися на дороге.

Но только с первого взгляда. Потому что взаимное отставание часов было реальностью. Оно скомпенсировалось в результате одинакового взаимного опережения часов в процессе перехода кораблей на обратный курс. Для того чтобы это не казалось удивительным, теория относительности дает второй ответ.

Если тормозится и вновь разгоняется только один из кораблей, то, после того как он догонит первый, окажется, что часы на корабле, изменявшем свою скорость, отстали. При этом, конечно, все равно какой из них изменял свою скорость. Но отстанут именно те часы, которые подверглись перегрузкам.

Читатель, не торопись сказать: ясно, часы отстают из-за перегрузок. В этом есть доля правды, но не вся правда. Знания и опыт человека увеличиваются с возрастом, но не потому, что он становится старше, а потому, что он в это время работает и учится. Старение и умственное развитие идут одновременно, но между ними нет однозначной причинной связи. Можно до старости остаться невеждой.

Так же и перегрузки: они являются следствием ускорений, но не причиной изменения хода хороших часов. Именно ускорения одновременно вызывают и перегрузки и изменения хода часов. Больше того, ускорения вызывают не изменения в механизме часов, а влияют на само течение времени.

В МАШИНЕ ВРЕМЕНИ

Для того чтобы ясно почувствовать суть дела, вообразим сперва, что мы, оставшись на Земле, наблюдаем за полетом ракеты при помощи телевизора, передатчик которого стоит на ракете, мчащейся со скоростью 240 тысяч километров в час. А затем представим себе, что мы сами летим в ракете и наблюдаем на экране телевизора за передачами с Земли.

В соответствии с программой полета ракета должна 25 лет (по земным часам) удаляться, затем быстро повернуть обратно и снова 25 лет (по земным часам) лететь домой.

Если бы мы могли установить в космосе верстовой столб на расстоянии, которое свет пробегает за год, то в момент, когда на экране нашего телевизора ракета пройдет рядом с этим столбом, наши земные часы отсчитают от момента старта два с четвертью года. Действительно, ракета будет лететь к этому столбу год с четвертью, а телевизионное изображение затратит на обратный путь ровно год. Через двадцать пять лет, когда в соответствии с программой ракета будет поворачивать обратно, на экраны нашего телевизора придет изображение событий, происходивших на ракете, когда она была от нас лишь на удалении около 16 световых лет.

Изображение работающих двигателей и процесса поворота ракеты мы увидим только через 45 лет после старта. Итак, для того, чтобы просмотреть события, происходившие на ракете в течение первой части полета, на Земле придется сидеть у телевизора 45 лет. Ведь радиосигналы затратят на путь от места поворота целых 20 лет. В это время ракета будет почти дома, на расстоянии всего в 5 световых лет от Земли.

За эти оставшиеся 5 лет мы в ускоренном темпе будем видеть на экране все, что происходило на ракете в течение 25 земных лет.

Итак, 45 лет мы будем смотреть «замедленное» изображение и 5 лет соответственно «ускоренное». Но все это не имеет никакого отношения к теории

относительности. И «замедление» и «ускорение» — результат эффекта Доплера, не связанного с изменением течения времени.

Но на экране телевизора можно увидеть и реальное замедление времени. Подождав 45 лет, мы увидим, что к моменту поворота ракетные часы и календарь на ракете отсчитают только 15 лет.

Мы увидим также, что во время обратного полета ракетные часы и календарь снова отсчитают 15 лет. (Теперь эффект Доплера позволит нам проследить это всего за 5 лет.)

Так, оставаясь на Земле, мы можем мгновенье за мгновеньем следить за ракетными часами и убедиться в том, что за наши 50 лет по ним пройдет только 30.

Теперь сядем в ракету.

Если мы посмотрим на экран нашего телевизора, достигнув цели полета, то увидим, что на нем изображения земных часов и земного календаря показывают лишь 5 лет, прошедших с момента старта. Это и не удивительно, ведь ракета «убегает» от радиосигналов. Сигналы, вышедшие с Земли в более поздние моменты времени, еще находятся в пути.

Но, проделав необходимые расчеты и учтя кажущееся отставание (за счет эффекта Доплера), мы получим, что в момент наблюдения на Земле по земным часам прошли не те 5 лет, которые показывает телевизор, а 9 лет. Мы будем знать, что изображение часов за последние 4 года еще не догнало ракету, оно еще находится в пути.

Таким образом, пока ракета по инерции удаляется от Земли, ее пассажиры и люди, оставшиеся на Земле, проведя необходимые измерения и вычисления, придут к одинаковым результатам. Каждый получит, что часы другого идут в $^3/_5$ раза медленнее, чем его собственные.

Это результат равноправности тел, движущихся по инерции одно относительно другого. Это парадокс так называемой специальной теории относительности, но он не может привести к противоречию, так как, не подвергнувшись ускорению, то есть не выйдя из об-

ласти применимости этой части теории относительности, нельзя поместить те и другие часы рядом в состояние относительного покоя и сравнить их показания.

Проследим же за тем, что будет дальше.

Выполнив свою задачу, капитан космического корабля включит двигатели, которые затормозят корабль и снова разгонят его в направлении к Земле. Во время работы двигателей корабль будет двигаться не по инерции, то есть не с постоянной скоростью, а с большим ускорением. При этом равноправность космического корабля и Земли нарушена. Процессы в корабле и на Земле будут течь совершенно различно. Космонавты смогут измерить ускорение корабля, не выглядывая наружу.

Эйнштейн еще в докосмическую эру говорил, что это различие ясно любому машинисту, подбрасывающему уголь в топку паровоза. Трогаясь с места или тормозя, движется с ускорением паровоз, и с полок вагонов падают чемоданы, а водонапорная башня, стоящая у полотна дороги, остается невредимой.

Если бы ускорение испытывала Земля, а не паровоз, продолжает Эйнштейн, то упала бы башня, а не чемодан. Значит, ускорение не относительно, а абсолютно.

В течение работы двигателей, когда космический корабль на огромном расстоянии от Земли испытывает длительное ускорение, мы, его пассажиры, сможем определить, что события на Земле развиваются в это время с огромной скоростью. Время на Земле (измеренное по часам космического корабля) уже не отстает, оно будет бежать, причем тем быстрее, чем дальше от Земли производится разворот корабля и чем большее ускорение он испытывает. При этом земные часы по измерениям в корабле не только наверстают отставание в шесть лет, накопленное во время полета корабля по инерции, но и сильно — на 26 лет обгонят часы космонавтов, так что к моменту выключения двигателей и началу обратного свободного полета по часам корабля окажется, что на Земле прошел 41 год (15 + 26). Из этих 41 года 9 лет про-

шло во время удаления корабля, а 32 года — во время разворота.

Конечно, люди на Земле при этом не заметят изменения хода земных часов. Ведь на них не может повлиять то, что космический корабль испытывал ускорение, изменяя направление своего полета.

Правда, и мы, пассажиры ракеты, на экране своего телевизора увидим бешеный бег земного времени не во время разворота ракеты, а позже, на обратном пути, когда ракета встретит радиосигналы, вышедшие с Земли во время разворота ракеты. Именно тогда 32 земных года промелькнут на экране ровно за то небольшое время, в течение которого были (много лет назад) включены ракетные двигатели.

Во время обратного пути, когда корабль вновь движется по инерции, снова будет наблюдаться взаимное отставание часов. За 15 лет, которые понадобятся нам для обратного пути, мы снова определим, что земные часы отсчитали всего 9 лет, то есть на 6 лет меньше, чем наши. Поэтому после приземления мы обнаружим, что на Земле прошло на 20 лет больше, чем на корабле, а жители Земли увидят, что мы постарели на 20 лет меньше, чем они (по часам корабля на нем пройдет $15 + 15 = 30$ лет, а на Земле $9 + 32 + 9 = 50$).

И космические путешественники и «земляне» увидят одно и то же. Никакого противоречия не будет. Но жители Земли, не испытавшие ускорений, будут считать, что время на корабле в течение всего полета текло медленнее (по 36 минут за земной час), а космонавты будут считать, что большая часть разности времен набежала в течение работы двигателей при повороте корабля. По наблюдениям космонавтов, именно на этом участке разность времен составила примерно 32 года, которые вместе со временем, прошедшим по их наблюдениям на Земле во время инерциального полета (2 раза по 9 лет), составят как раз 50 лет.

Пожалуй, самая удивительная черта теории относительности состоит в том, что все ее парадоксы кажущиеся. Ни один реальный опыт или опыт, который

можно себе представить выполненным, не приводит к противоречию ни с теорией относительности, ни со здравым смыслом.

Было бы невероятно, если бы по возвращении космонавта его календарь отстал от земного, а земной календарь от календаря космонавта. Это было бы противоречием. Но это не только не вытекает из теории относительности, но и противоречит здравому смыслу.

Если же и космонавт и житель Земли зафиксируют одно и то же, хотя и неожиданное для них, расхождение в возрасте, то в этом нет ничего невозможного. Удивительные, но вполне реальные следствия огромных скоростей.

Фотонная ракета действительно может стать машиной времени. Чем ближе ее скорость к скорости света и чем дольше длится полет, тем дальше в будущее попадут космонавты, вернувшиеся на Землю.

Величественная перспектива! Но не следует забывать об одном огорчительном обстоятельстве. Наши посланцы, посетив отдаленные звездные миры, поведают о своих открытиях нашим потомкам, а не нам.

Машина времени работает только в одном направлении. Теория относительности не допускает путешествий в прошлое. Человек может остаться молодым и видеть старость своих внуков, но сын не может родиться раньше, чем родился его отец. Можно сказать, что теория относительности математически обосновывает действие принципа причинности, являющегося одним из краеугольных камней диалектического материализма. Время не может течь вспять, оно может лишь замедлять свой бег. Следствие не может возникнуть раньше, чем вызвавшая его причина.

ВОЖДЬ ВЕЛИКОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

...Теория относительности возникла в 1905 году. Наиболее поразительные предсказания этой теории уже подтверждены опытом. Правда, предсказания ее наиболее сложной части — общей теории относитель-

ности, созданной в 1916 году, подтверждены не в лаборатории, а в космическом масштабе при помощи астрономических наблюдений.

Вот эти предсказания:

Первое. Лучи света искривляют свой путь, проходя вблизи больших масс. Астрономы совершали далекие путешествия, чтобы сфотографировать звездное небо во время полного солнечного затмения, и обнаружили, что видимое положение звезд, свет которых проходит мимо Солнца, заметно смещается в соответствии с предсказанием.

Второе. Планеты обращаются вокруг Солнца не по неподвижным орбитам, потому что сами орбиты со временем поворачиваются, и тем сильнее, чем ближе орбита к Солнцу. Измерения с большой точностью подтвердили это для орбит Меркурия и Венеры.

Третье. Время вблизи крупных масс течет медленнее, чем вдали от них. Астрономы обнаружили, что спектр маленького спутника яркой звезды Сириус и спектры некоторых других звезд, называемых белыми карликами, смещены в сторону красного цвета по сравнению со спектрами остальных звезд, в том числе и Солнца.

Это может быть только результатом замедления хода времени на поверхности таких звезд, вещество которых обладает огромной плотностью.

Общая теория относительности и три ее замечательных предсказания были опубликованы Эйнштейном в 1916 году. Война помешала кому-либо приступить к проверке этих предсказаний.

Первое после войны полное солнечное затмение произошло 29 мая 1919 года. Английским астрономам удалось подготовить две экспедиции, задачей которых была проверка первого из предсказаний. Полоса затмения пересекла Атлантический океан от Экваториальной Африки до Южной Америки. Первая экспедиция во главе с инициатором наблюдений Эдингтоном высадилась на острове Принчипе в Гвинейском заливе и попала в полосу дождей, которые чуть не сорвали ее работу. Но в решающую минуту тучи разо-

рвались и фотографии звезд на фоне солнечной короны были сделаны. Вторая обосновалась в Бразилии в деревне Собраль и работала в условиях палящей жары. Одна из бразильских газет поместила в связи с этим злопыхательскую статью, в которой, между прочим, говорилось:

«...Вместо того чтобы пытаться подтвердить немецкую теорию, члены экспедиции, находящиеся в столь близких отношениях с небом, позаботились бы лучше о дожде для этой страдающей от засухи страны».

Но экспедиция занималась своим делом и получила бесценные фотографии.

Обработка фотографий обеих экспедиций, бесспорно, подтвердила наличие предсказанного смещения.

Узнав об этом, Лорентц телеграммой поздравил Эйнштейна с первым подтверждением общей теории относительности. Эйнштейн сразу написал своей матери:

«Радостные новости сегодня! Лорентц телеграфировал мне, что английская экспедиция доказала отклонение лучей света вблизи Солнца».

Когда газеты оповестили о результатах экспедиции, по земному шару пробежала волна горячего энтузиазма и небывалого интереса к сложной и труднопонятной научной теории и ее творцу. Ведь физики всерьез считали, что теорию Эйнштейна как следует понимает не больше чем дюжина человек.

Популярность теории, которую большинство из поклонников Эйнштейна совсем не понимало, и поныне для многих является загадкой. Уже после смерти великого физика его друг и сотрудник Леопольд Инфельд высказал мнение, что большую роль здесь сыграла реакция на ужасы войны и связанного с ней расцвета шовинизма. Он писал:

«Новое явление предсказал немецкий ученый, а проверили его английские ученые. Физики и астрономы, принадлежавшие недавно к двум враждебным лагерям, снова работают вместе. Может быть, это и есть начало новой эры мира? Тяга людей к миру была, как мне кажется, главной причиной славы Эйнштейна».

Но дело, конечно, не в этом. Скорее причина в том, что теория Эйнштейна пронизана революционным духом. Она возвысилась над закосневшим зданием классической физики, свергая авторитеты и вознося знамя свободы творчества. Эта ее особенность являлась особенно притягательной для людей, возбужденных раскатами Великой Октябрьской революции, отзвуки которой прокатились по всем материкам земли.

Теория Эйнштейна быстро стала не только мощным фактором научного прогресса, но и объектом ожесточенной политической борьбы.

Вскоре после опубликования результатов работы английских астрономов в одной из немецких националистических газет была напечатана статья «Большевистская физика». В ней, в частности, говорилось:

«Поскольку профессор Эйнштейн признан новым Коперником, многие преподаватели университетов стали его поклонниками... В конечном счете незачем обвинять рабочих за то, что они следуют за Марксом, если германские профессора следуют за измышлениями Эйнштейна».

Люди, подобные автору этой статьи, старались уверить, что теория относительности и ее выводы — заблуждение. Она действительно противоречит классическому «профессорскому» мышлению, с которым в своем знаменитом труде «Материализм и эмпириокритицизм» воевал Ленин, но находится в полном согласии со здравым смыслом, покоящимся на многовековом опыте человечества.

Массы немецкого народа в то время еще не поддались угару национализма. Эйнштейн стал предметом всеобщего поклонения. Его адрес красовался во всех туристских справочниках.

Он стал легендой при жизни. Девочка из Британской Колумбии писала ему: «Я вам пишу, чтобы узнать, существуете ли вы в действительности».

Американские индейцы, загнанные в бесплодные резервации, влачившие жалкое существование в богатейшей капиталистической стране, почти лишенные

образования, знали об Эйнштейне и его теории. В 1930 году, когда Эйнштейн посетил индейское племя в штате Аризона, индейцы присвоили ему титул вождя и нарекли Вождем Великой относительности.

«ЕЩЕ НЕ ПОВЕШЕН»

Через три года в Германии вместе с Гитлером и в науке к власти пришли крайние реакционеры. Эйнштейна в это время, к счастью, уже не было на родине.

Вместе с евреями из немецких университетов изгонялись прогрессивные ученые других национальностей, в том числе немцы. Теория относительности была объявлена неарийской теорией, противоречащей немецкой физике. Ее преподавание было запрещено. Ссылки на нее в научных работах могли привести к увольнению.

Среди крупных немецких ученых лишь один — нобелевский лауреат Макс Лауэ высказывался за теорию относительности против особой немецкой физики.

Рассказывают, что, когда Лауэ прочел в Стокгольме лекцию о теории относительности, он по возвращении в Германию получил нагоняй от фашистского начальства. Поклонники компромиссов посоветовали Лауэ быть более осмотрительным, тогда ученый опубликовал новую статью о применимости теории относительности. «Вот это и должно быть моим ответом», — сказал он.

Отчасти за Лауэ следовали Гейзенберг и Планк, понимавшие, что отказ от теории относительности ведет к застою физики.

В Германии делались попытки сделать теорию относительности приемлемой для нацистов, умаляя роль Эйнштейна и приписывая ее создание арийским физикам. Конечно, судьба теории относительности в гитлеровской Германии не была единственным исключением. Из науки изгонялось все прогрессивное. В космо-

гонии главенствовала арийская теория мирового льда, согласно которой сердцевина всех планет и звезд состоит из обычного льда. Наукой руководили фашистские бонзы, такие активные нацисты, как физик Штарк, нападавший на Гейзенберга и других физиков-теоретиков и назвавший их в газете белыми евреями, бесплодные физики старшего поколения Ленард и Шуман, механик и сотрудник гестапо Озенгер. Даже Гиммлер считал себя способным руководить наукой. Вот один из его проектов:

«Для будущих исследований погоды, которыми мы собираемся заняться после войны, я предлагаю заметить следующее: корни или луковицы растения «безвременник осенний» в различные годы находятся на разных глубинах. Чем они находятся глубже, тем более суровой будет зима; чем ближе они к поверхности, тем зима будет мягче. На этот факт обратил мое внимание фюрер».

Триумфальное шествие теории относительности не приостановилось тем, что труды ее создателя были сожжены на сквере перед Берлинской оперой, а портрет ее создателя с подписью «Еще не повешен» был первым в изданном нацистами альбоме врагов гитлеровского режима. Список преступлений Эйнштейна начинался с главного «злодеяния» — создания теории относительности.

Не пострадала теория относительности и от того, что американские реакционные лиги и корпорации травили ее творца, обвиняя его в коммунизме, пацифизме и безбожии.

Астрономы всех национальностей совершают новые путешествия в погоне за солнечными затмениями, наблюдают планеты и звезды и все более убеждаются в том, что теория относительности правильно описывает окружающий нас мир.

Каждый день в своих исследованиях ученые наталкиваются на ее проявления, раскрывают новые богатства, многочисленные россыпи истины, заключенные в этой величественной системе.

По сей день идет экспериментальная проверка теории относительности.

ДЕФЕКТ МАССЫ

К сожалению, пока невозможно отправить космонавта в полет со скоростью, близкой к скорости света, поэтому еще нельзя непосредственно проверить вывод о замедлении жизненных процессов при таком полете. Значит ли это, что невозможно практически подтвердить вывод о том, что в движущихся телах время течет медленнее, чем в неподвижных, и тем медленнее, чем быстрее будет лететь ракета?

Если пока нельзя проверить идею о космическом омоложении, то есть другие надежные пути, убеждающие нас в правильности этого вывода теории Эйнштейна. Один из этих путей — проверка формул теории относительности на частицах космических лучей. Ведь они влетают в земную атмосферу с огромными скоростями. Среди них есть целый набор элементарных частиц, летящих с разными скоростями, достаточно близкими к скорости света. Можно изучить поведение этих микроскопических «ракет». Можно выяснить влияние скорости на их свойства. Такие же опыты успешно проводятся и с частицами, разогнанными почти до скорости света при помощи больших ускорителей.

Частицы больших энергий при подходящих условиях порождают неустойчивые частицы, а ученые знают, что время жизни неустойчивых микрочастиц, то есть среднее время, за которое половина из наблюдаемых частиц распадется, породив другие частицы, есть постоянная величина, характерная для частиц данного типа. Это время ничем нельзя изменить, ни электрическим или магнитным полем, ни другими подобными воздействиями.

Но, измеряя время их жизни, время распада по лабораторным часам, ученые убедились, что оно зависит от скорости частиц. Быстрые мю-мезоны, например, более живучи, чем медленные. Они как бы испытывают космическое омоложение. Так в опытах с космическими частицами блестяще подтвердились формулы теории относительности.

Подтверждаются они и рядом других эксперимен-

тов. Современная физика без теории относительности так же немыслима, как здание без фундамента. Сегодняшняя техника во многих случаях тоже бессильна без этой теории. Она лежит в основе таких грандиозных инженерных сооружений, как ускорители заряженных частиц и ядерные реакторы.

Уже циклотрон — первый ускоритель, в котором ускоряемые частицы двигались по орбитам, близким к круговым, обнаружил коварные особенности скоростей, близких к скорости света. В циклотроне заряженные частицы движутся между полюсами большого постоянного магнита, периодически попадая в электрическое поле, заставляющее их еще немного ускорить свой бег. Период обращения частиц по орбите и период изменения электрического поля должны быть одинаковы, иначе поле перестанет ускорять частицы и начнет их тормозить. Именно это и происходило во всех циклотронах. Достигнув определенной скорости, частицы переставали ускоряться.

Причиной оказался эффект, предсказанный теорией относительности. При скоростях, близких к скорости света, масса уже не остается постоянной, как это бывает обычно, а увеличивается с возрастанием скорости. В результате период движения частицы в циклотроне изменяется и расходится с периодом ускоряющего электрического поля. Работа ускорителя нарушается. Так теория относительности впервые вмешалась в технику. Она определила предел энергии, достижимой без учета ее законов.

Выход из тупика указал советский ученый, академик В. И. Векслер. Он предложил несколько путей, которыми можно, несмотря на изменение массы частиц, сохранить совпадение периода их обращения с периодом ускоряющего поля и благодаря этому получать частицы с гораздо большей энергией.

Можно, например, вычислить при помощи теории относительности закон изменения периода частиц при изменении их массы и соответственно изменять период ускоряющего поля. Можно также скомпенсировать изменение массы частицы соответствующим изменением силы магнитного поля, удерживающего

частицу на орбите, с тем чтобы период обращения частицы оставался постоянным, несмотря на изменение ее массы. Можно комбинировать оба эти метода.

Сейчас, в соответствии с предложением Векслера, построено много гигантских ускорителей, например известный ускоритель в городе Дубне. Работа этих машин является практическим подтверждением истинности теории относительности и ее удивительного вывода о том, что не только течение времени, но и масса всех тел зависит от их скорости.

Многовековая история науки установила глубочайшую связь между веществом и энергией. Теория относительности внесла дополнительную конкретизацию в это основное положение естествознания. Эйнштейн установил, что вещество и энергия, являющиеся двумя формами существования материи, связаны между собой. И вещество в форме частиц и энергия в форме квантов электромагнитного поля или в форме тепла, механических колебаний и других видов энергии являются объективной реальностью и одинаково испытывают действие поля тяготения. Опыт, как мы знаем, подтвердил, что лучи света, идущего от звезд, притягиваются к Солнцу.

Ядерные реакторы также подтверждают и практически используют этот вывод теории относительности.

В таких реакторах, как известно, происходит деление ядер урана. Если бы удалось собрать все осколки, получающиеся при делении ядер урана (в том числе и нейтроны), и взвесить их на сверхчувствительных весах, то оказалось бы, что они весят меньше, чем исходный уран. Разность частично улетела в пространство вместе с антинейтрино, а большей частью ушла на разгон осколков деления, а потом постепенно передалась окружающим атомам в виде тепла, которое используется для работы турбин.

Специалисты говорят: в ядерном реакторе используется дефект массы, то есть разность между массой исходных и конечных продуктов деления. Эта разность превращается на атомных электростанциях в электрическую энергию. Так атомное ядро в соответствии с теорией относительности служит человеку.

ВЗБЕСИВШИЕСЯ ЗВЕЗДЫ

Теория относительности предсказала возможность космического омоложения. Она помогла и ответить на вопрос о том, доведется ли когда-нибудь человеку действительно испытать космическое омоложение. Сможет ли он по своему желанию путешествовать в будущее и какой мир привидится ему из окон машины будущего?

...Редкий человек не мечтает, не фантазирует, не заглядывает за пределы возможного. И при этом рождается нечто, что не существует, но должно существовать, если понадобилось людям. Это «нечто» приходит, когда знание настигает мечту.

А бывает, что разум вторгается за пределы фантазии, куда даже и ей трудно добраться. Тогда его находки поражают сильнее, чем самая смелая мечта...

Как-то разговор зашел о космических путешествиях. Душой его был известный ученый, человек, тонко понимающий шутку и ценящий силу этой острой приправы ума, любящий пошутить и сам. Сначала он молчал, прислушиваясь, а потом задумчиво заметил:

— Помню, как-то на отдыхе у меня с соседом возник спор о том, какой мир откроется глазам космонавтов. Под впечатлением этого разговора я взялся за карандаш и бумагу. Они, знаете, часто мирят мечту и действительность. И вот что мне увиделось.

Изумительный, призрачный мир откроется астронавтам. При скоростях ракеты, близких к скорости света, все звезды небосвода дружно «перекочуют» в область неба впереди корабля. Сзади «останутся» лишь немногие. Звезды и планеты, мимо которых пролетит корабль, будут казаться не круглыми, а вытянутыми в его сторону наподобие огурцов, поворачивающимися и меняющими свои очертания. Удивительный пейзаж привидится человеку не на миг, а, чтобы не ошибиться, минут на двадцать возле каждой звезды... Почему? В этом повинны такие законы природы, как аберрация и параллакс.

В простейшем виде аберрация проявляется, когда

капли отвесного дождя прочерчивают наклонные линии по окну движущегося поезда. Зная скорость падения капель и измерив угол наклона их следов, можно даже определить скорость поезда. Влияние параллакса проще всего обнаружить, быстро взглянув на близкий предмет сперва одним, а затем другим глазом. При этом кажется, что предмет слегка повернулся.

А цвет звезд? Когда мимо нас проносится поезд — простите за надоевший пример, но он самый понятный,—голос его внезапно меняется, хотя на самом деле тон гудка остается постоянным. Это известный акустический эффект Доплера. Так и ближайшая звезда, мимо которой промелькнет ракета, будет «менять» свой цвет. Но этого мало. Звезды в передней части небосвода, кажущиеся нам красными, станут ярко-белыми, а некоторые перестанут быть видимыми, так как почти все их излучение перейдет в область рентгеновых и ультрафиолетовых лучей. Некоторые из звезд, оставшихся в «задней» части небосвода, тоже «исчезнут» из-за того, что их свет превратится в инфракрасные лучи и даже в радиоволны. Эти сюрпризы оказываются неотвратимыми следствиями оптического эффекта Доплера.

Но увидит ли все это пассажир фотонной ракеты? В состоянии ли он будет что-либо видеть? И... возможна ли вообще фотонная ракета?

Озадачив собеседников и весело рассмеявшись, Сергей Михайлович Рытов на секунду остановился, вынул ручку, чтобы пояснить свою мысль, а у присутствующих, наверно не в первый раз в течение рассказа, снова возникло сомнение: не шутка ли все это?

А если не шутка, то уместны ли эти вопросы сегодня, когда человек уже преодолел земное тяготение и по нескольку суток проводит в космическом полете, когда его первые ракеты уже совершили почетный круг вокруг Луны и Солнца, когда, наконец, полеты к далеким звездным мирам на повестке дня и ученые во всем мире думают о создании сверхскоростных фотонных ракет?

Уже известны десятки проектов космических кораблей, написаны толстые книги, пересыпанные расчетами, снабженные схемами, чертежами, рисунками завтрашних разведчиков космоса. И вдруг: возможны ли фотонные ракеты?

Уместны ли эти шутливые вопросы, ставящие под сомнение идею фотонных ракет, которым предстоит почти со скоростью света пересечь космические океаны, ракет, без которых полет к далеким звездным мирам просто невозможен для людей одного поколения, без которых, наконец, невозможно космическое омоложение?!

Каждый из слушавших профессора Рытова понимал, что ученого потянуло взяться за перо не просто желание узнать, какой космический пейзаж ожидает астронавтов, не стремление поспорить с авторами объемистых трудов о фотонных ракетах. Серьезное опасение за судьбу идеи фотонной ракеты заставило Сергея Михайловича поставить ее под обстрел формул и уравнений.

Вот почему слушатели, среди которых были и ученые с мировым именем, с интересом следили за нитью рассуждений рассказчика.

СМЕРТОНОСНЫЕ ПЫЛИНКИ

Так увидит ли на самом деле пассажир фотонной ракеты все то, что рассказали ученому формулы?

Послушаем дальше.

— Несомненно, что корабль, летящий почти со световой скоростью, будет с такой же скоростью налетать на атомы межзвездного водорода и на частицы космической пыли, которые по сравнению с его скоростью практически неподвижны. И хотя их в мировом пространстве очень мало — на один кубический сантиметр приходится едва ли один атом водорода, — при такой скорости они будут с огромной силой налетать на межзвездный корабль, вызывая в его обшивке целый ряд микроскопических катастроф, перерастающих в ливень разрушений.

Протоны, эти миниатюрные снаряды, которые по своей силе могут быть сравнимы с атомными бомбами, конечно, в масштабах микромира, будут вдребезги разбивать атомы и даже ядра атомов металлического корпуса ракеты. Ведь теория относительности доказала, что нет никакой разницы между тем, какое из сталкивающихся тел движется по инерции относительно Земли или какого-либо третьего тела, а какое неподвижно относительно них. Важно лишь относительное движение. Именно поэтому неподвижные протоны будут разрушать ядра атомов оболочки корабля так же, как протоны, получаемые в крупнейших ускорителях, разрушают ядра атомов мишени. При этом будет выделяться мощное излучение, гораздо более опасное для организма человека, чем самые жесткие рентгеновы лучи.

Расчеты, проведенные на основе теории относительности, подсказали профессору Рытову, что для защиты от действия этого излучения придется сделать стенки корабля не менее двухметровой толщины!

Преграда ли это для людей, преодолевавших и не такие препятствия? Нет. Опасность облучения не делает невозможным полет на фотонной ракете, хотя и очень его осложняет.

Гораздо коварнее космическая пыль. Эти ничтожные частицы уже умерших или еще не рожденных миров представляют для фотонных ракет страшную опасность.

При гигантских скоростях полета пылинка с массой всего в тысячную долю грамма во время соударения с корпусом ракеты превратится в снаряд разрушительной силы. Подсчет показал, что при ударе одной подобной пылинки выделится такое количество тепла, которое способно превратить в пар 10 тонн железа. А ведь корпус ракеты, летящей со скоростью, близкой к скорости света, будет ежесекундно сталкиваться с пылинками, находящимися внутри цилиндра длиною около 300 тысяч километров!

Беспощадные выводы, подсказанные точными математическими расчетами, намного усложняют про-

блему создания фотонных ракет. Рассказ Рытова вызвал дискуссию, страстные споры, горячий обмен мнениями. Одни ученые высказывали первые соображения о материалах, из которых должна быть сделана обшивка ракеты, чтобы спасти проблему, другие предлагали расчищать от космической пыли пространство перед ракетой. В результате мнения сошлись на том, что хотя эта расчистка принципиально возможна, но потребует огромной дополнительной затраты энергии. Словом, решать проблему сверхскоростных ракет без учета таких «ничтожных» противников, как космические пылинки, нельзя.

Рассуждая о том, что может помешать фотонной ракете в ее полете, ученые не забыли обсудить и главный вопрос: каковы же технические перспективы создания такой ракеты? И пришли к довольно обескураживающим выводам. Расчеты были просты, но многозначительны. Решив положить в основу расчетов очень скромный вес ракеты — одну тонну и задав ракете скорость «всего» в 80 процентов от скорости света, ученые подсчитали, что энергия ракеты должна исчисляться пятнадцатизначной цифрой! А точнее — должна равняться 215 000 000 000 000 киловатт-часов.

Это энергия, которая вырабатывается на всем земном шаре за несколько месяцев! Но и ее недостаточно ракете.

Для поворота на обратный курс и для торможения при приземлении нужна еще дополнительная энергия. И немалая. Если эта ракета будет снабжена двигателем, выбрасывающим продукты сгорания со скоростью света, для полета и приземления придется израсходовать энергию раз в двести большую названной. Такие расчеты, конечно, ошеломляют. Для путешествия в будущее, оказывается, понадобится столько энергии, сколько вырабатывается на всем земном шаре за несколько десятилетий!

Разумеется, это пока не по карману человечеству. Пока... Пока не будут разработаны новые источники энергии, не созданы более совершенные конструкции ракет и принципы действия двигателей, пока

не будут выработаны меры борьбы с встречными пылинками.

Казалось бы, пессимистические выводы о том, как трудно разогнать ракету до скорости, близкой к скорости света, и о том, что даже, имея фотонную ракету, полететь на ней без особых средств защиты все равно нельзя, должны были бы вызвать у ученых смятение и печаль. Но для них этот вывод прозвучал оптимистически. Они поняли и оценили главное — выявлена опасность, которая до сих пор ускользала от их внимания. Найден враг, с которым нужно и можно бороться. И если сегодня еще нет необходимого оружия, оно непременно будет завтра.

СВЕРХЗВЕЗДЫ

О победном шествии теории относительности можно говорить без конца. О ней написана масса книг и еще больше будет написано. Сегодня она уже не достояние нескольких избранных умов, она вошла в школьные учебники и стала основой многих инженерных проектов.

И все-таки до сих пор созываются высокие ученые собрания, чтобы довыяснить какие-то ее положения, додумать особенно сложные ее эффекты. Вы не встретите буквально и двух профессоров, которые, заговорив о теории относительности, не разошлись бы во мнениях, не заспорили друг с другом до хрипоты. Нет аспиранта-физика, который не хотел бы темой своей диссертации выбрать теорию относительности. Нет студента, не мечтающего о девушке, с которой между двумя поцелуями можно было бы поговорить и о теории относительности.

И все-таки эта великолепная теория не всесильна. И ее возможности ограниченны. С большой очевидностью это доказали сверхзвезды.

В декабре 1963 года в Америке, в Далласе, городе, имя которого теперь навсегда трагически переплелось с именем убитого в этом городе президента Кеннеди, собрались 400 ученых, чтобы обсудить чрезвычайное

открытие. На огромных расстояниях от Земли астрономы обнаружили странные, необычные, ослепительные звезды. Они светились так, будто это не отдельные звезды, а целая галактика. Конечно, на таких расстояниях огромная система звезд, составляющих галактику, вполне может быть видна как отдельная звезда. Но эта галактика меняла свой блеск через определенный, причем весьма короткий, промежуток времени порядка года. Свет ее становился то ярче, то слабее. Но не могут же одновременно в такт мерцать биллионы звезд, все звездное население галактики! Это была загадка.

Так что же это за объекты? Что таят в себе ослепительный свет и щедрое радиоизлучение, исходящее от удивительных звезд?

Это явление так озадачило ученых, что в отчете далласской конференции есть слова о том, что присутствующие являются свидетелями рождения новой астрофизики.

Конечно, это преувеличение взволнованных астрономов. Астрофизика — уже довольно высокое здание, и сверхзвезды (как назвали ученые эти любопытные космические объекты) в лучшем случае одна из его башен. Но башен, несомненно, таинственных. И не один ученый взирает на нее с недоумением, как веками поглядывает турист на знаменитую наклонную башню в итальянском городе Пизе, гадая о секрете этого уникума, удивляясь, как ухитряется башня сохранять равновесие. Но любопытному туристу это сразу объяснит гид, а гида, знакомого со сверхзвездами, пока не существует. Как ни подступаются ученые к непонятным объектам с привычными мерками, как ни пытаются объяснить их поведение известными нормами поведения космических тел, попытки их безуспешны.

Вот отчет о сессии Академии наук СССР, посвященной проблеме сверхзвезд, проходившей в Москве 13 и 14 мая 1964 года, составленный по беглым заметкам автора.

Совещаются ученые с мировыми именами: академики В. А. Амбарцумян, Я. Б. Зельдович, член-кор-

респондент Академии наук СССР (ныне — академик) В. Л. Гинзбург, профессора И. С. Шкловский, А. И. Лебединский, С. Б. Пикельнер и другие.

Первым выступает Амбарцумян. Подступая к важной проблеме, ученые обычно начинают издалека. В. А. Амбарцумян подробно рассказывает о развитии внегалактической астрономии после 20-х годов, когда выяснилось, что далекие космические объекты являются галактиками, подобными нашей. В довоенном периоде он отмечает два крупных события: открытие различных типов галактик (круглых, эллиптических и т. д.) и обнаружение красного смещения (разбегания галактик). Открытие сверхновых звезд, радиогалактик — крупное событие послевоенных лет. И вот, подступает Амбарцумян к главному, сенсация 1963 года. Открыт целый ряд компактных радиогалактик (название «сверхзвезды» он считает неудачным). Да, говорит он, они похожи на звезды. Но размеры их близки к размерам галактических ядер. А светимость, если придерживаться принятой классификации, сродни светимости самых компактных галактик. Таких, в которых свет ядра составляет больше чем половину света всей галактики в целом.

Возникает целый ряд теоретических проблем. И целый ряд догадок, гипотез, теорий. Мнение Амбарцумяна: сверхзвезды — это не звезды. Это результат взрыва какого-то неизвестного нам тела, бывшего в ядре галактики еще до взрыва.

Амбарцумян считает, что все свойства и все особенности галактик определяются ходом процессов, протекающих в их ядрах. До сих пор нам были известны несколько типов галактик, о которых было сказано выше. Теперь открыт новый тип. Он характеризуется необычайно мощным взрывом в области ядра галактики.

Пока неизвестно, возникают ли такие взрывы в определенный момент эволюции какого-то типа галактик или это редчайшие исключения из общих закономерностей.

Надо больше наблюдать, говорит он, строить мощные оптические и радиотелескопы, выводить их за пре-

делы земной атмосферы. Может быть, только тогда нам удастся уточнить наши теории или заменить их новыми.

Вторым выступает Зельдович. Он напоминает о замечательном явлении гравитационного коллапса, которое является заключительной стадией эволюции звезд, масса которых превышает более чем в 1,5 раза массу Солнца. Это удивительное состояние уже погасшей звезды. Под действием сил тяготения вещество этих звезд сжимается до чрезвычайной плотности, а радиус звезды становится очень малым. При этом поле тяготения на поверхности коллапсирующей звезды в какой-то момент становится столь большим, что никакая частица, ни даже кванты света не способны преодолеть этого поля и покинуть звезду. Звезда «исчезает». Здесь нет ничего удивительного. Звезда, конечно, не перестает существовать, в ней продолжают бушевать сложные процессы, но никакие сигналы не могут вырваться оттуда, из непреодолимой гравитационной ловушки. Все это не выдумка фантаста, а следствие точных расчетов на основе теории относительности.

Далее Зельдович говорит, что сверхзвезда как раз и может быть звездой чрезвычайно большой массы в процессе гравитационного коллапса. Тогда спрашивается, откуда столь ослепительная ее яркость, если звезда исчезла? Все дело в процессах вокруг этой коллапсирующей звезды. Внутренние части ее уже могут скрыться в гравитационной ловушке, а вне ее огромные массы, например часть атмосферы, стягиваясь со скоростями, близкими к скорости света, к границам гравитационной ловушки, должны выделять огромные количества энергии. Это и свет и другие виды излучения.

Этого вполне достаточно для объяснения всех загадок сверхзвезд, однако строгая теория грандиозного явления еще не создана.

А затем Шкловский покрывает доску кружевом формул и демонстрирует оценки массы, энергии и других характеристик сверхзвезд. Он добавляет, что источники мощного излучения, названные сверхзвезда-

ми, могут не быть ни звездами, ни галактиками. Это могут быть очень сконцентрированные сгустки межгалактического вещества.

В заключение он говорит, что все сделанные им оценки и высказывания не могут считаться достоверными, так как они основаны на совершенно недостаточных наблюдательных данных. Основная задача ближайших лет — получение более полных и точных физических характеристик сверхзвезд.

Маститых ученых сменяют два совсем молодых кандидата физико-математических наук: Н. С. Кардашев — ученик Шкловского и И. Д. Новиков — сотрудник Зельдовича.

Кардашева занимает вопрос о том, какой процесс в сверхзвездах может породить энергию, большую, чем выделяющаяся в термоядерных реакциях. И он пробует исходить из гипотезы Гинзбурга, что виновником мощного излучения звезды могут быть ее магнитные поля, которые при ее вращении нарастают и усиливаются. Когда Кардашев провел расчет, оказалось, что его результаты хорошо сочетаются с той силой излучения звезды, которое наблюдается. Это говорит в пользу гипотезы, но все явление до конца не объясняет.

Сильное впечатление на присутствующих произвело выступление Новикова. Он начал с того, что напомнил, как 10 миллиардов лет назад начало расширяться первородное вещество, находившееся в состоянии огромной плотности, начало расширяться вещество всей метагалактики, которую мы видим. Представим себе, говорит он, что не все вещество начало расширяться одновременно. Отдельные сгустки, будущие ядра галактик, могли задержаться в своем развитии. Это допустимо, не правда ли? И вот задержавшееся вещество, начавшее через некоторое время тоже расширяться, вступает во взаимодействие с окружающей средой, и возникают бурные процессы, которые мы теперь и наблюдаем. Если до расширения был период сжатия, то и в этом случае все можно объяснить. В сжимающемся мире одна часть вещества сжалась быстрее, чем другая, и это тоже могло

привести к наблюдаемым нами теперь очагам мощного излучения. Эта гипотеза полностью находится в рамках теории относительности, подчеркивает Новиков. Разрыв во времени между наблюдением и свершением тоже объясним. Можно выбрать такую систему отсчета времени, в которой эти два разновременных события могут считаться одновременными.

Надо сказать, что этот пункт особенно атаковался во время последовавшей затем дискуссии. Впрочем, весь тон дискуссий на подобных академических сессиях, посвященных острым, злободневным проблемам, обычно резко отличается от докладов. Стороннему наблюдателю поначалу часто кажется, что ничего особенного не происходит, идет очередная, немного вялая конференция. Выступления академичны, аргументированны. Каждый не спеша излагает свою точку зрения. Слушатели терпеливы. Если присутствующий и не знает, что сомнения приберегаются до поры до времени, что в такой аудитории не принято перебивать докладчика, возражать, спорить, дискуссия сразу же вовлекает его в водоворот страстей.

Выступил последний докладчик, и ситуация резко меняется. Ученые тянут руки, как прилежные ученики. Получивший слово хватает мел и торопливо, боясь, что прервут, забыв о регламенте, спорит с предыдущими ораторами. Тут уж не до чинов. Аспирант не согласен с академиком. Студент проясняет запутаннейший вопрос, профессор кричит с места: «Непонятно!» Собрание очень напоминало звезду в состоянии дискуссионного коллапса.

Гинзбург: Несомненно, сверхзвезды — это неизвестное нам явление. Это перенос проблемы за пределы нам понятного. Мы пытаемся объяснить это в рамках теории относительности, а они тесны. По-моему, дело в чем-то принципиально новом. Здесь мало объяснить детали механизма, здесь явно проявляются неизвестные еще нам законы природы. Конечно, гипотезы, о которых здесь рассказывалось, интересны, но, столкнувшись с таким явлением, как сверхзвезды,

мы, возможно, встретились с незнакомым нам состоянием вещества, с проявлением его свойств. Космос — это та область, где мы можем столкнуться с неизвестными нам законами природы. Будьте бдительны!

Озорной клич нравится аудитории, она встречает его одобрительным смехом.

З е л ь д о в и ч: Мы не будем пренебрегать деталями механизма, но с удовольствием примем и новую теорию, если таковая все объяснит.

Л е б е д и н с к и й: По-моему, столкновение двух звезд может быть вполне подходящим процессом для объяснения яркости, подобной яркости сверхзвезд. Две звезды вполне могут столкнуться по крайней мере раз в год, и в случае перехода всей энергии в излучение может возникнуть колоссальное излучение, которое мы наблюдаем.

П и к е л ь н е р: Когда мы говорим о сверхзвездах, мы имеем в виду их колоссальную массу, равную чуть ли не 100 миллионам солнечных масс. И строим все расчеты, опираясь на эту массу. Но кто поручится, что масса именно такова и наши расчеты правильны? Это, по-моему, слабое место в наших рассуждениях. Кроме того, гипотеза Новикова меня смущает тем, что не объясняет изменения яркости сверхзвезд.

А м б а р ц у м я н: Мне кажется очень важным то, что сказал Гинзбург. Действительно, все ли возможности мы используем для объяснения явления. Возможно, что и все, но из всех известных сейчас источников энергии для «питания» сверхзвезд может хватить только гравитационной энергии. Остальные источники, в том числе и ядерная энергия, недостаточны. А в рамках гравитационных процессов есть лишь две возможности — коллапс или антиколлапс, сжатие или расширение. Итак, коллапс или антиколлапс? Сжатие или расширение? Я говорил о расширении ядра галактики, о его взрыве. Насколько это под-

тверждается наблюдениями? Во всяком случае, они не разрешают дискуссию. Ведь наблюдения тоже в какой-то степени направлены, подготовлены тем, что мы от них ожидаем.

Шкловский: Идея Новикова очень изящна и привлекательна. Но я с ней не согласен. Вот вопрос: можно ли дать такую систему отсчета времени, в которой наши сегодняшние будни будут одновременными с началом мира?

Новиков: Может ли сегодняшнее время совпадать с гипотетическим взрывом первоматерии? Это хочет знать Шкловский? Да, можно написать такую систему отсчета времени.

Шкловский: Я этого не понимаю.

Новиков: Но это тем не менее возможно в рамках теории относительности. Я имею в виду, что можно выбрать такую систему отсчета времени, в которой то вещество, из которого произошли мы и наша аудитория, и вещество, задержавшееся, с нашей точки зрения, в своем развитии, расширяются в одно и то же время.

Зельдович: Гинзбург ставит вопрос об отходе от теории относительности, от современной физики. Я не согласен. Теория относительности — это сбалансированная система, совершенная, красивая. А если о красоте говорит физик, он имеет к тому основания. В теории относительности все гармонично. Работа Новикова хороша тем, что она выдержана в рамках теории. Она ее не отвергает. Конечно, вселенная в целом расширяется. Но было ли это один раз или больше? Конечно, это расширение идет из облака первородной материи, но откуда появилось это исходное вещество? Масса вопросов без ответов. Проблема сверхзвезд перерастает в большую космологическую проблему.

...Как ни обескураживает некоторых ученых такая ситуация, но теория относительности пока не в состоя-

нии распутать клубок сомнений, решить вопрос о сверхзвездах. Может быть, такое положение вещей временное и не сегодня-завтра теория выручит ученых, подскажется верное решение. А может быть, настал момент новых фундаментальных открытий, новых великих безумств. Будьте бдительны! Может быть, приближается день, когда теория относительности, мощная в сфере своего применения, будет дополнена вновь открытыми законами природы.

Это не значит, что теория относительности будет заменена какой-то иной системой знаний. Так же как классическая физика не была отменена с появлением теории относительности и квантовой теории, а их создание лишь расширило границы познания, так и будущие теории, не отменяя теории относительности и квантовой механики в границах их применимости, еще шире раздвинут возможности науки.

НА ПОРОГЕ НОВОГО «БЕЗУМИЯ»

Каждый успех наших знаний ставит больше проблем, чем решает.

Л. ДЕ БРОЙЛЬ

(ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ)



СОВРЕМЕННАЯ АЛХИМИЯ



Двадцатипятилетие, последовавшее за Брюссельским конгрессом 1927 года, было почти непрерывным триумфом квантовой физики. Трудности проникновения в молекулы и атомы сводились преимущественно ко все возраставшей громоздкости вычислений.

Драмы разыгрывались главным образом в сокровенных глубинах атомного ядра и в связи с рождением (не всегда законным) новых частиц.

Прологом к ним послужили работы Резерфорда, который в 1919 году сумел разрушить атомное ядро, открытое им в 1911 году.

Впервые это произошло во время обычных опытов по изучению строения атома азота. Как всегда, исследуемые атомы подвергались бомбардировке альфа-частицами (ядрами атомов гелия). По отклонению путей альфа-частиц, соударяющихся с исследуемыми атомами, можно было судить о строении этих атомов, в частности, о размерах их ядер. Но неожиданно Резерфорд обнаружил, что часть атомов азота, вместо того чтобы, подобно бильярдным шарам, отлетать после удара альфа-частиц, превращалась в атомы кислорода, а альфа-частицы при этом исчезали совсем и вместо них появлялись быстрые протоны.

Это было поразительное открытие, заложившее ос-

новы новой алхимии. Сбылась мечта средневековья о трансмутации — превращении одних элементов в другие.

Следующее великое открытие в этой области в начале тридцатых годов сделали супруги Жолио-Кюри. Они, следуя за Резерфордом, получили искусственные радиоактивные элементы, которые распадались по тем же законам, что и естественные, но в отличие от естественных были легкими и располагались не в конце таблицы Менделеева, а вблизи ее начала.

Стало ясно, что ядра элементов не являются кирпичами мироздания. Казалось естественным возвратиться к гипотезе английского врача Проута, который на основе кратности атомных весов еще за сто лет до того предположил, что все элементы образуются из самого легкого из них — водорода.

Но так как с тех пор было обнаружено, что вес ядра растет быстрее, чем его заряд, то пришлось предположить, что в ядре имеются электроны, компенсирующие часть заряда, образованного протонами. Эти же электроны, по-видимому, играют в ядре «роль цемента», скрепляющего одноименно заряженные протоны, говорили физики. Без этого было невозможно объяснить устойчивость ядер.

Присутствие в ядре электронов подтверждалось и давно открытым фактом радиоактивного бета-распада. Многие радиоактивные ядра самопроизвольно распадаются с выделением электронов. Это само по себе позволяло предположить, что электроны присутствуют хотя бы в этих ядрах. Правда, возросшая точность эксперимента внесла в опыты с бета-распадом трагическую неясность. Во многих случаях такого распада измерения указывали на видимое нарушение закона сохранения энергии. Чем точнее удавалось измерить энергию исходного ядра, дочернего ядра и вылетевшего электрона, тем явственнее выступала нехватка. В процессе распада энергия, несомненно, исчезала совершенно непонятным путем.

В литературе появились работы, обсуждавшие возможность нарушения закона сохранения энергии в элементарных процессах. Но подавляющее большин-

ство ученых скептически относилось к этим предположениям. Закон сохранения не может нарушаться ни при каких условиях, утверждали они, — это основной закон природы. Но факт оставался фактом, изменение баланса энергии при бета-распаде не позволяло свести концы с концами.

Выход указал молодой физик-теоретик Паули. Он предположил, что при бета-распаде из ядра вылетает еще одна частица, ускользающая от экспериментаторов. Она-то и уносит с собой ту часть энергии, которой не хватает для соблюдения баланса, для выполнения закона сохранения.

Паули подробно описал свойства этой гипотетической частицы: она нейтральна, поэтому ее нельзя зафиксировать так, как фиксируют заряженные частицы; она движется очень быстро, возможно со скоростью света, поэтому ее масса покоя мала, возможно равна нулю. Словом, это частица, которую очень трудно, а может быть, и невозможно обнаружить. В соответствии с ее свойствами она не должна была принимать участия ни в каких процессах, кроме бета-распада.

Физики с трудом примирились с «появлением» новой частицы. Уж очень необычными должны были быть ее свойства. Трудно было поверить, что природа создала ее специально для участия в бета-распаде. Но сознание, что закон сохранения энергии незыблем, было сильнее этих сомнений, и ученые вскоре признали частицу Паули и ввели ее в семью элементарных частиц. Итальянский физик Ферми стал ее крестным отцом, дав ей имя нейтрино и создав на основе нейтрино последовательную теорию бета-распада.

Благодаря протонно-электронной модели ядра все в микромире постепенно приобрело удивительную ясность. Имеются три кирпича мироздания: отрицательный электрон, положительный протон (масса которого примерно в две тысячи раз превосходит массу электрона) и нейтральный фотон (имеющий ничтожную массу, связанную с его движением). Эта частица не может остановиться, ибо ее масса покоя равняется нулю. Есть еще уродец нейтрино, но с этим можно

было не считаться. Нейтрино не участвовали в мироздании. Рождаясь при сравнительно редких случаях бета-распада, они бесследно исчезали.

Из протонов, связанных электронами, образуются ядра атомов. Электроны, летающие вокруг ядер по устойчивым боровским орбитам, превращают атомы в законченные нейтральные конструкции со всем многообразием их физических и химических свойств. Фотоны рождаются и гибнут в процессах перескока электронов с орбиты на орбиту.

Блестящая гармония протонно-электронной модели, покоящаяся на кратности атомных весов, не нарушалась даже тем, что атомные веса некоторых элементов сильно отличаются от целых чисел. Это была лишь кажущаяся трудность. Ведь такие отклонения наблюдаются только для элементов, имеющих по нескольку изотопов, открытых молодым английским физиком Астоном. Он установил, что атомы изотопов химически тождественны и имеют целочисленные атомные веса. Измеренные прежними способами, атомные веса природных элементов оказывались некратными весу протона только потому, что природные элементы содержат случайное (хотя и одинаковое во всех случаях) сочетание изотопов.

Особенно разителен пример с хлором. Как известно, его атомный вес равен 35,5. Такое нецелое число получается потому, что природный хлор на одну четверть состоит из изотопа хлора с атомным весом 35 и на три четверти из изотопа хлор-37.

Однако Астону, погибшему в первой мировой войне вскоре после своего открытия, не довелось узнать, что его метод измерения атомных весов едва не погубил протонно-электронную модель ядра. Повышающаяся точность эксперимента чуть не опрокинула все это стройное здание. Оказалось, что атомные веса изотопов все же отличаются от простых целых чисел сильнее, чем это можно объяснить за счет ошибок измерения.

Но положение было спасено введением «дефекта массы». Ведь для того, чтобы ядра были устойчивыми, частицам должно быть выгоднее существовать

внутри ядра, чем вне его. А это значит, что при их объединении в ядро должна выделяться энергия (та же, которую надо затратить для разрушения ядра). Но в соответствии с теорией относительности потеря энергии эквивалентна потере массы и поэтому масса ядра должна быть меньше, чем сумма масс входящих в него частиц.

Таким образом, протонно-электронная модель не только не погибла, но с учетом дефекта массы еще прочнее оперлась на опыт, который при этом подтверждал не только справедливость модели ядра, но и факт выполнения закона сохранения энергии при ядерных превращениях.

НЕЙТРОН ПРОТИВ ЭЛЕКТРОНА

Опыт — верховный судья. Это признают все здравомыслящие ученые. Но бывает, что этот судья говорит на языке, еще непонятном людям, и они должны научиться переводить указания опыта на человеческий язык при помощи формул и понятий, полученных на основе предыдущего опыта. Бывает также, что переводчики ошибаются и оправдательный приговор выдают за обвинительный.

Еще чаще случается, что обрадованный переводчик недослушает приговор и спешит осчастливить подсудимого, и тот готовится бежать на пир, а его ведут в темницу. Получается почти как у Пушкина: «Глухой глухого звал к суду судьи глухого...»

Так случилось и в этот раз.

Действительность многогранна, и опыт, только что истолкованный в духе протонно-электронной модели, обнаружил новые черты элементарных частиц. Выяснилось, что протоны и электроны представляют собой миниатюрные магнитики, причем легкие электроны обладают примерно в две тысячи раз большим магнетизмом, чем тяжелые протоны.

Здесь не было ничего удивительного. Просто новый, хотя еще и не объясненный факт. Но опыт показал также, что магнитные свойства всех ядер по вели-

чине близки к магнетизму протона! Как же слабенькие магнитики-протоны уничтожали в ядре «огромный» магнит электрона? Ведь уже в тяжелом водороде — дейтерии в соответствии с моделью должны быть два протона и один электрон. Но магнетизм его не только не равен магнетизму электрона, но в три раза меньше, чем магнетизм протона. А это примерно в 5 тысяч раз меньше, чем можно ожидать от протонно-электронной модели.

Вмешался опыт и в выводы квантовой статистики. Эта статистика предопределяла свойства ядер на основе простого подсчета числа содержащихся в них протонов и электронов. Ядра с четным числом частиц должны всегда отличаться от ядер с нечетным числом частиц.

Но опыт в ряде случаев отвергал эти предсказания.

Трудно было понять и то, как электрон, дебройлевская волна которого значительно больше размеров ядра, помещался внутри него. Не вязались между собой и некоторые другие опытные факты. Итак, опыт, накопившийся к 1932 году, объявил протонно-электронную модель ядер, утвердившуюся даже в учебниках, незаконной.

Казалось, микромир заманил ученых в глухой тупик.

Правильный путь обнаружился совершенно неожиданно. Как говорят, не было бы счастья, да несчастье помогло. В 1932 году Чедвик, один из учеников Резерфорда, открыл новую частицу. Это разрушило до основания стройное здание микромира, покоившееся на трех микрокитах — протоне, электроне и фотоне. Четвертому киту не оказалось места. И он не только разрушил фундамент, казавшийся незыблемым, но и посеял сомнение в том, является ли открытие новой частицы последним.

Разрушение может стать началом созидания. Скоро выяснилось, что вновь открытая частица — нейтрон, названная так вследствие того, что она была электрически нейтральной, по массе очень близок к протону и обладает магнетизмом.

Этого было достаточно, чтобы предложить новую модель ядер. Иваненко в СССР и Гейзенберг в Германии предположили, что ядра состоят только из протонов и нейтронов. Ядро водорода содержит 1 протон (имеет заряд, равный единице, и атомный вес, равный единице). Следующее по сложности ядро тяжелый водород — дейтерий. Оно содержит 1 протон и 1 нейтрон (заряд — 1, вес — 2). Следующий — сверхтяжелый водород — тритий. Его состав — 1 протон и 2 нейтрона, затем гелий — 2 протона и 2 нейтрона (заряд — 2 и вес — 4). Существует и «легкий гелий» — гелий-3. Его атомный вес равен 3, заряд 2, в его ядре 2 протона и всего 1 нейтрон. Дальше все шло как по нотам, в полном согласии с таблицей Менделеева.

Новая модель легко отвечала на вопросы, оказавшиеся роковыми для старой. Магнитные свойства всех ядер в соответствии с опытом оказывались близкими к магнитным свойствам протонов и нейтронов. Отпали и возражения квантовой статистики. Например, азот, который по старой модели «был» нечетным (14 протонов и 7 электронов), в новой модели «стал» четным (7 протонов и 7 нейтронов), как и должно быть в соответствии с опытом. Стало ненужным придумывать специальные гипотезы, чтобы «втиснуть» дебройлевские волны электрона в ничтожный объем ядра.

Но не все было благополучно в протонно-нейтронной модели. Изгнание электрона из ядра лишило его «электронного цемента», ранее связывавшего положительные заряды протонов. Что же теперь удерживает их в ядре вместе с нейтральными нейтронами, несмотря на взаимное отталкивание одноименных зарядов?

Были и другие подводные камни, например бета-распад. С бета-распадом все давно было ясно. Нейтрино придало теории бета-распада характер полной достоверности. Но теперь бета-распад мог оказаться роковым для протонно-нейтронной модели ядра. Многолетний опыт показывал, что при распаде многих ядер из них вылетают электроны. Спрашивается, как может вылететь из ядра то, чего там нет?

Гейзенберг, спасая бета-распад и протонно-электронную модель ядра, отвел последнее возражение новой гипотезой. Он предположил, что нейтрон в радиоактивных ядрах может превращаться в протон, электрон и нейтрино. Протон при этом остается в ядре, электрон и нейтрино вылетают, как и положено во время бета-распада.

Замечательным в этой гипотезе был новый подход к нейтрону. Эта вновь открытая элементарная частица объявлялась сложной, способной порождать другие элементарные частицы. Но при этом она сохраняла и свойства настоящей элементарной частицы. Ведь электрон, магнитные свойства которого в тысячу раз больше, чем у нейтрона, не может постоянно быть его составной частью. Он не может просто входить в нейтрон как индивидуальная частица. Он должен рождаться из него при подходящих условиях.

Но новая гипотеза Гейзенберга не превратила протонно-нейтронную модель из гипотезы в теорию. Ведь оставался открытым вопрос о ядерном цементе. А кроме того, гипотеза, придумываемая для объяснения единичного факта — для спасения другой гипотезы, — всегда встречается с недоверием. Тем более что для ее обоснования нужно было еще объяснить, почему нейтрон остается устойчивым в ядрах, не испытывающих бета-распада, и почему никто не видел распада свободных нейтронов.

Так физики похоронили спорную гипотезу бета-распада и отложили в число сомнительных обе модели ядра. Ведь каждая из них приводила к непреодолимым трудностям. Пока теоретики рассуждали о таинственных свойствах ядра, экспериментаторы продолжали охоту за тайнами природы.

РОЖДЕНИЕ АНТИЧАСТИЦ

Счастливый случай и наблюдательность позволили Андерсону обнаружить на фотопластинке, экспонированной во время опытов с космическими частицами, след, который могла оставить только частица, во всем

тождественная электрону, но имеющая положительный заряд. Это действительно был положительный электрон — первая античастица, попавшаяся на глаза ученым. Его существование еще с 1928 года было предсказано Дираком, преобразовавшим волновое уравнение Шредингера в соответствии с требованиями теории относительности.

Позитрон в нашем мире не может жить долго. Он быстро соединяется со встречным электроном, превращаясь в квант электромагнитного поля.

Открытие позитрона не только подтвердило теорию Дирака и глубокую общность между электромагнитным полем и элементарными частицами, но и послужило косвенной поддержкой гипотезы Гейзенберга. Если электрон и позитрон могли превращаться в фотоны, то менее странной казалась возможность превращения нейтрона в протон и электрон.

Вскоре было обнаружено, что некоторые искусственные радиоактивные элементы распадаются с испусканием позитронов. Это была, несомненно, новая форма бета-распада. Это была и новая поддержка гипотезы Гейзенберга. Достаточно предположить, что при этом протон внутри ядра превращается в нейтрон и позитрон, и теория позитронного бета-распада готова. Так вновь опыт давал намек на сложную природу элементарных частиц.

Протон и нейтрон могли оказаться разновидностями одной и той же частицы или просто превращаться друг в друга, причем в этих превращениях участвовала несомненная пара — электрон и позитрон.

До того как принять одну из этих догадок за истину или создать другую теорию, нужно было обязательно понять, почему эти превращения происходят только внутри радиоактивных ядер, а в других ядрах и в свободном состоянии ни протон, ни нейтрон не распадаются.

Но прежде чем приняться за эту сложную работу, пришлось признать права гражданства еще одной частицы-невидимки, еще одного нейтрино. Это нейтрино необходимо для обеспечения закона сохранения при позитронном бета-распаде, так же как первое

нейтрино стало неизбежным участником обычного бета-распада.

Оказалось, оба нейтрино почти тождественны между собой. Они должны были отличаться только одной характеристикой, знаком особой величины, играющей роль только в микромире. Эта величина называется спином. В обычном мире больших вещей на спин больше всего похоже упрямство вращающегося волчка, который противится всякой попытке наклонить его ось. У большинства микрочастиц есть что-то похожее на это стремление сохранить направление какого-то подобия оси. Приняв эту аналогию, можно говорить, что микрочастицы, имеющие спин, как бы вращаются. Тогда, если первое из нейтрино вращается по часовой стрелке, то второе — в противоположном направлении (если смотреть вдоль линии полета частицы). Новая частица получила наименование антинейтрино.

К курьезам на тропах науки относится тот факт, что со временем нейтрино и антинейтрино пришлось поменяться именами. Первому нейтрино, рождающемуся вместе с протоном и электроном при распаде нейтрона, ученые присвоили частицу «анти», а второе, рождающееся вместе с нейтроном и позитроном, при распаде протона, назвали просто нейтрино.

Это переименование объясняется не капризами физиков, а требованиями симметрии, регулирующими все процессы в микромире. В каждом из этих распадов рождается по одной античастице. В первом из нейтрона рождается антинейтрино (наряду с двумя обычными частицами), а во втором из протона рождаются позитрон (античастица электрона) и две обычные частицы нейтрон и нейтрино.

Так в результате совместных усилий теоретиков и экспериментаторов число «кирпичей мироздания», сильно уменьшившееся после отречения от этой роли атомов, снова возросло. В начале тридцатых годов к семье элементарных частиц принадлежали: фотон, пара — нейтрино и антинейтрино, пара — электрон и позитрон и две «тяжелые» ядерные частицы — протон и нейтрон.

НАХОДКИ И РАЗОЧАРОВАНИЯ

Картина строения материи снова приобрела заманчивую ясность, но вопрос о причинах устойчивости атомных ядер оставался нерешенным. Никакое из двух известных силовых полей: ни гравитационное (поле тяготения), ни электромагнитное не могли удержать одноименно заряженные протоны и нейтральные нейтроны внутри ядра, размер которого составляет примерно стотысячную долю от миллиардной части сантиметра.

В 1932 году советский физик Тамм высказал предположение, что, может быть, электроны являются источниками еще неизвестного неэлектромагнитного поля, придающего ядру атома столь прочное строение. Может быть, электроны — это кванты поля, с которым связаны ядерные силы? Но когда Тамм произвел расчет, оказалось, что поле, квантами которого могли бы быть электроны, в тысячу миллиардов раз меньше, чем действительные ядерные силы. Поскольку в то время другие частицы, кроме электронов, подходящие для роли квантов поля ядерных сил, не были известны, Тамму пришлось поставить на этом точку.

Как видно, нужно было поставить вопрос: а какова должна быть частица, дающая такое поле? И, получив на бумаге такую частицу, дать «технические условия» экспериментаторам на ее поиски. Так это и случилось. Работа Тамма была продолжена. И решающий шаг, приведший к открытию цемента, скрепляющего протонно-нейтронное ядро, сделал в 1935 году японский физик-теоретик Юкава. Он написал уравнение для ядерных частиц, чтобы с его помощью узнать, какова должна быть природа сил, скрепляющих ядро. Это уравнение в своей абстрактной математической форме объединяло колоссальную мощь теории относительности и квантовой механики. Одно из его решений давало хорошо известные фотоны — частицы электромагнитного поля с массой покоя, равной нулю. Но силы электромагнитного поля могли только расталкивать одноименно заряженные прото-

ны. На нейтроны они просто не действуют. Это решение не годилось для получения ответа на загадки ядра.

Тогда Юкава задал уравнению другой, совершенно безумный вопрос. Не существует ли в природе еще одного поля, действующего и на протоны и на нейтроны; поля, силы которого способны преодолеть отталкивание одноименных зарядов протонов внутри ядра, но практически исчезают за его пределами?

Уравнение ответило: да, такое поле может существовать, если его частицы — неслыханное дело! — будут иметь массу покоя приблизительно равную 200 массам электрона.

У Юкавы оказались крепкие нервы. Получив такой ошеломляющий ответ, он не растерялся. Наоборот, он объявил, что из факта устойчивости ядер следует существование особого поля — поля ядерных сил, скрепляющих ядерные частицы. А если такое поле существует, то по аналогии с электромагнитным полем, которое имеет свою частицу — фотон, должны существовать и частицы, связанные с этим полем так же, как фотоны связаны с электромагнитным полем. А если эти частицы существуют и расчет дает странную оценку для величины их массы, то с этим надо примириться. Такова природа. Экспериментаторы должны искать такую частицу, сказал Юкава, и они найдут ее.

После предсказания и открытия позитрона это уже не казалось противоестественным. Работы начались. Они велись во многих странах.

Вскоре, в 1936 году, счастливец Андерсон и его сотрудник Неддермайер обнаружили, что космические частицы иногда выбивают из ядер встречных атомов частицы, масса которых равна примерно 207 массам электрона.

Это открытие потрясло мир не меньше, чем открытие планеты Нептун, существование которой было предвычислено астрономом Леверье, исходившим из расхождения видимого движения планеты Уран с существовавшими в то время расчетами. Позитрон был обнаружен случайно. Андерсон в то время не задавался целью обнаружить «дырку» Дирака. На сей раз

частицу Юкавы искали и нашли. Ее назвали *мезон* — частица со средней массой.

Теперь картина ядра рисовалась в виде облаков мезонов, внутри которых блуждают протоны и нейтроны. Поле мезонных сил надежно удерживает ядерные частицы в тесных границах ядра. При этом ядерные частицы непрерывно обмениваются между собой мезонами.

Снова в физике наступил период ясности. Но не надолго. Подробное исследование свойств мезонов показало... что они не имеют ничего общего с частицами Юкавы.

Оказалось, что мезоны обладают таким же спином, как ядерные частицы протон и нейтрон. Отдавая или приобретая такой мезон, ядерная частица одновременно должна была бы отдавать или приобретать спин, а этого на самом деле не происходит. Значит, эти мезоны не могли играть роль частиц ядерных сил. Лишь величина их массы, близкая к предсказанной, могла служить оправданием ошибки.

Казалось, дело принимает трагический оборот. Но физики не унывали. Они верили уравнениям. Никто не считал появление неожиданных мезонов бедой. Наоборот, их засчитали в число элементарных частиц и продолжали поиски частиц Юкавы. Авторитет уравнений и изящество протонно-нейтронной модели ядра не могли быть уничтожены ошибкой экспериментаторов.

А мезоны Юкавы действительно были обнаружены в 1947 году после десятилетних настойчивых усилий. Удача пришла на этот раз к английскому ученому Поуэлу, которому пришлось заплатить за нее разработкой новой сверхчувствительной методики. Дело в том, что мезоны неустойчивы. Мезоны Андерсона, названные сперва мю-мезонами, а в недавнее время совсем изгнанные из семьи мезонов и под названием «мюоны» объединенные в общий класс с нейтрино, электронами и позитронами, распадаются через две миллионные доли секунды после своего рождения. Мезоны Юкавы, как оказалось, живут вне ядра еще много меньше. Поэтому их так трудно заметить, и первыми

были обнаружены именно мюоны, неповинные в игре ядерных сил.

Мезоны Юкавы, названные пи-мезонами, явились перед Поуэлом сразу в виде семейства из трех родственных частиц. Одни из них оказались нейтральными и имеющими массу в 264 раза большую, чем масса электрона, они живут в десять миллиардов раз меньше, чем мюоны. Их заряженные родственники пи-плюс и пи-минус мезоны погибают «только» в сто раз быстрее, чем мюоны. Они на девять электронных масс тяжелее своих нейтральных братьев.

Так опыт превратил цемент теории Юкавы в прочный бетон, сделавший протонно-нейтронную модель ядра не менее реальной, чем пирамиды древности.

Были найдены и ответы на вопрос о том, почему протоны и нейтроны распадаются не во всех ядрах, а протоны в свободном полете не распадаются, в то время как нейтроны вне ядра живут совсем недолго.

Оказалось, что внутри ядер, в кипящем котле ядерной материи, связываемой мезонами, взаимные превращения протонов и нейтронов происходят всегда. Но вылет наружу электронов и антинейтрино или позитронов и нейтрино происходит лишь при особых благоприятных условиях. Такие условия возникают лишь в неустойчивых радиоактивных ядрах. После вылета из ядра электрона или позитрона, сопровождаемых антинейтрино или нейтрино, баланс протонов и нейтронов смещается на единицу. Это значит, что атом, ядро которого пережило такой распад, смещается на одну клетку в таблице Менделеева — происходит превращение элемента.

Было выяснено также, что протон, находящийся вне ядра, сопровождаемый незримым облаком мезонов, стабилен, то есть никогда (по крайней мере в соответствии с теперешними познаниями) не распадается. Напротив, нейтрон оказался неустойчивой частицей. Вне ядра нейтроны живут в среднем около тысячи секунд, а затем самопроизвольно распадаются. Это их свойство приходится учитывать, в частности, при расчете некоторых атомных реакторов на медленных нейтронах, в которых нейтроны, рожденные при

делении ядер, сравнительно долго блуждают до того, как их захватит другое ядро.

Исследования в области ядерных реакций привели к массовому открытию новых частиц. Особенно урожайными оказались годы, последовавшие за строительством гигантских ускорителей, основанных на идеях В. И. Векслера и американского ученого Мак-Милана.

Усиленные поиски и изучение свойств элементарных частиц ведутся во многих физических центрах, в частности в Международном институте ядерных исследований в Дубне. Здесь недавно была открыта одна из новейших частиц — анти-сигма-минус-гиперон.

К 1957 году количество известных частиц достигло 30, а сейчас их насчитывается свыше 90. Стремительное появление новых частиц вызвало замешательство среди физиков. Но об этом будет рассказано несколько позже. Сейчас пришла пора посмотреть в зеркало.

НОВЫЙ АКТ

В этой части нашей истории современность тесно сплелась со стариной. Здесь рождались и достигали ювелирной отделки глубокие и оригинальные теории, которые затем безжалостно списывались в архив под давлением новых фактов.

Речь пойдет о различии и родстве между правым и левым, между предметом и его отражением в зеркале. Путешествие в эту область привело ученых к чудесам, далеко затмевающим те, с которыми в зазеркалье встретилась маленькая Алиса.

Великий немецкий ученый Лейбниц, один из зачинателей современной математики, сформулировал в виде закона идею, известную еще в древности, — правое и левое в природе неразличимы. На этот закон опиралась вся наука. Он вошел и в квантовую механику под названием закона сохранения четности.

Универсальность того закона была столь всеобщей, что Эддингтон как-то спросил, сможем ли мы, уста-

новив радиосвязь с обитателями далекой планеты, сообщить им, какой винт мы называем правым.

Вопрос Эддингтона можно поставить еще более остро. Как объяснить, что такое право и лево человеку, изучающему русский язык по радио? Конечно, можно сослаться на то, что у него сердце расположено слева. Это будет правильно в подавляющем большинстве случаев, но ведь бывают и люди с сердцем в противоположной стороне груди. Значит, это объяснение не универсально. Можно сказать, что, став лицом к Солнцу, он увидит его перемещающимся слева направо. Но это верно только для жителей северного полушария. Сославшись на движение стрелки часов, мы рискуем, что наш слушатель по какой-то причине никогда не видел современных часов, а в старину были и часы с обратным ходом стрелки. Над этим вопросом стоит подумать, а пока вернемся к закону сохранения четности.

Началом всей истории послужило открытие К-мезона.

Оказалось, что К-мезон может в некоторых случаях распадаться на два пи-мезона, а в других случаях на три пи-мезона. Такие распады не могли существовать одновременно, ибо в первом случае К-мезон должен был бы быть четной частицей, а во втором — нечетной.

Спасительная надежда, что в одном из этих распадов участвует какая-то ненаблюдаемая частица, подобная нейтрино, была опровергнута тщательными измерениями. В этом случае наличие ненаблюдаемой частицы привело бы к нарушению закона сохранения энергии. Вспомним, что именно этот решающий довод привел к рождению нейтрино в теории бета-распада. Отпали и надежды на то, что за К-мезон принимаются две различные частицы — четная и нечетная.

Два молодых китайских физика, Ли Дзун-дао и Янг Чжень-нин, работающие в США, в 1956 году высказали совершенно еретическое, при всей его простоте, соображение. Они заявили, что закон сохранения четности не является всеобщим. Он, пояснили Ли и

Янг, установлен на основании множества экспериментов, но все они относятся к макромиру, или к взаимодействиям между тяжелыми частицами и античастицами, или же к процессам, в которых участвуют электромагнитные взаимодействия заряженных частиц. Но есть процессы другого типа — самопроизвольный распад частиц. Все частицы, за исключением фотонов, нейтрино, электронов и протонов, распадаются за время, меньшее чем миллионная доля секунды (кроме нейтрона, который может жить вне ядра целых 1160 секунд).

Ли и Янг обратили внимание на то, что не существует *ни одного* опыта, говорящего о применимости закона четности к таким распадам. Физики были так убеждены в справедливости закона четности, что не считали нужным специально проверять его в этой области явлений. А ведь здесь все определяется самыми слабыми из известных в микромире сил взаимодействия. Сил, которые в десять миллиардов раз слабее электромагнитных и еще в сто раз слабее тех, которые связывают между собой ядерные частицы. Слабее их только гравитационные взаимодействия, проявляющиеся в макромире в виде сил тяжести.

Ли и Янг указали на то, что загадочный распад К-мезонов можно непринужденно объяснить, если не настаивать на том, что в этом процессе четность должна сохраняться. Но их заслуга состоит не только в «отрицательной» работе. Они не только усомнились и предложили еще одно объяснение непонятного опыта. Они пошли дальше и предложили целый ряд опытов, которые могут решить вопрос, универсален ли закон сохранения четности.

В том же 1956 году один из предложенных опытов был выполнен их соотечественницей Ву Цзянь-сюн, тоже работавшей в США. Эксперимент показал, что существуют только «левые» нейтрино. «Правых» нейтрино в природе нет. К концу этого года закон сохранения четности был вычеркнут из числа универсальных основных законов природы.

Оказалось, что при слабых взаимодействиях природа выступает перед нами как левша, а во всех

остальных она одинаково хорошо владеет обеими руками.

Одна сторона этой истории оказалась обидной для многих физиков. Все необходимые данные для опровержения универсальности закона сохранения четности были зафиксированы на всех фотопластинках, на которых с 1946 года фиксировались распады пи-мезонов.

Многие смотрели на эти пластинки... (Недаром один маститый физик, подходя к экрану осциллографа, всегда спрашивал: «Что я должен здесь увидеть?») Никто не догадался, что стоит лишь подсчитать, сколько мю-мезонов при этом вылетает вперед и сколько назад, как возник бы вопрос о сохранении четности. *А ведь главное — задать* правильный вопрос. Найти ответ на *правильно поставленный вопрос* уже не так трудно.

Все смотревшие на эти пластинки видели на них только то, что они искали. И Нобелевская премия досталась Ли и Янгу.

СЛАБЫЙ ЛЕВША

Но не только экспериментаторы были потрясены. Физик-теоретик А. Салам, сыгравший важную роль в дальнейшем развитии этой истории, приводит два замечательных отрывка из писем одного из крупнейших теоретиков, Паули, писавшего 17 января 1957 года: «Я НЕ верю («Не» жирно подчеркнуто Паули) в то, что Бог — слабый левша, и я готов держать пари на крупную сумму за то, что эксперименты дадут результаты, соответствующие наличию симметрии».

Через десять дней он писал:

«Теперь, когда первое потрясение уже миновало, я начинаю приходить в себя. Действительно, все было весьма драматично. Во вторник 21-го числа в 8 часов вечера я предполагал прочитать лекцию о нейтринной теории. В 5 часов вечера я получил три экспериментальные работы. Я был потрясен не тем, что Бог предпочитает левую руку, сколько тем, что он

сохраняет симметрию между правым и левым, когда он проявляет себя сильным».

Когда физик поминает бога, он, несомненно, выбит из колеи.

Любопытно в этой истории и то, что в первой работе Ферми, посвященной теории бета-распада и нейтрино, в 1934 году были написаны почти те же уравнения, которыми пользуются и сейчас. Но практически все последующие теоретические работы, вплоть до 1957 года, обсуждавшие взаимодействия, приводящие к бета-распаду, оказались неверными. Ошибочными были и многие экспериментальные работы, посвященные этому вопросу.

Впоследствии было обнаружено, что уравнения, ликвидирующие симметрию между правым и левым, были получены еще в 1929 году Вейлем! Но они остались непризнанными.

Вскоре, совершенно независимо, Л. Ландау и А. Салам, а чуть позже Ли и Янг создали новую теорию нейтрино и привели теорию бета-распада в современное состояние. В физику вошло новое квантовое число — спиральность, показывающее, является ли частица правой или левой.

Теперь мы можем ответить на вопрос Эддингтона. Чтобы объяснить, что такое правое и левое, мы можем сообщить, что правые нейтрино — это те, которые рождаются при распаде нейтронов, а левые — при распаде протонов.

В 1957 году нервы физиков подверглись новым испытаниям. Опыты Аллена и его сотрудников, изучавших превращение одного из изотопов хлора в аргон с рождением позитрона, не могли согласоваться с новой теорией бета-распада. Растерянность, вызванная этими опытами, и уверенность в справедливости теории бета-распада были столь велики, что возникли предположения о том, что обычный электронный бета-распад и позитронный распад подчиняются различным законам.

Теоретики после мучительных усилий заявили, что этого не может быть, а тщательная проверка показала, что ошибочны старые, казавшиеся безуп-

речными опыты с распадом тяжелого изотопа гелия, результаты которых были использованы при обработке опытов Аллена. Новые исследования распада гелия привели к соответствию опытов Аллена с теорией.

Единственное, что еще смущало физиков, было то, что никому не удавалось наблюдать распад пи-мезона на электрон и нейтрино, который в соответствии с теорией должен был бы существовать. Однако уверенность одних недолго балансировала с сомнениями других. В сентябре 1958 года физики узнали о том, что такие распады действительно существуют.

Круг, начатый революционной гипотезой Ли и Янга, замкнулся, но утрата симметрии мира продолжала волновать ученых.

Напряженные размышления привели Ландау к мысли о том, что мир все же симметричен, но его симметрия имеет более глубокий характер, чем простое зеркальное отражение. Он обнаружил, что во всех распадах элементарных частиц замена левого на правый и наоборот сопровождается изменениями знака электрического заряда. Видимая несимметрия объясняется тем, что по неизвестным еще причинам в нашем мире протоны положительны, а электроны отрицательны. В антимире, состоящем из антипротонов и позитронов, все должно идти наоборот.

Теория Ландау сводится к тому, что в реальном мире сохраняется комбинированная четность. Это значит, что обычное зеркальное отражение сопровождается «отражением» заряда. Ведь уже давно известно, что электрон «видит» свое отражение в зеркале в виде позитрона и наоборот.

Все это приводит к заключению, что левое в нашем мире совпадает с правым в антимире, если такой действительно существует.

Можно сказать, что если бы в мире не существовало электрических зарядов, он был бы симметричен относительно обоих направлений вращения. В таком «беззарядном» мире невозможно было бы отличить правое от левого, как невозможно отличить

политику английских консерваторов от политики лейбористов, хотя первые сидят в правой, а вторые в левой части палаты общин.

Реальный мир из-за наличия заряженных частиц обладает более сложной комбинированной четностью, связывающей знаки зарядов и направления вращения. Причина существования этой связи еще неясна.

Результаты, совпадающие с результатами Ландау, получили также Ли и Янг.

Опыты по проверке справедливости закона сохранения комбинированной четности очень сложны. Но уже в 1958 году, правда с небольшой точностью, он подтвердился в опытах Кларка и других, с распадом поляризованных нейтронов. Подтверждается он и отрицательным результатом некоторых опытов, которые должны иметь отрицательный результат, если сохранение комбинированной четности действительно есть закон природы.

Дружная семья физиков не долго жила в покое. Теоретики Ли и Янг и японский физик Нишижима вновь вызвали бурю, указав, что для обеспечения сохранения энергии при распадах мюонов могут понадобиться новые нейтрино. Были проведены оценки, показывающие, что нейтрино и антинейтрино, рождающиеся при бета-распаде, не участвуют в распадах мюонов.

На страницы физических журналов потоком хлынули сообщения о новых нейтрино. Чтобы отличить их от старых, пришлось назвать их мюонными нейтрино, добавив к названию крестниц Ферми слово «электронные».

Совсем недавно различие этих частиц было подтверждено экспериментально.

ПОТОК ЧАСТИЦ

Итак, четность, казавшаяся одним из универсальных законов природы, была низведена в низший ранг. Закон сохранения четности оказался имеющим огра-

ниченную силу. Он не властен над слабыми взаимодействиями.

Крушение закона сохранения четности произошло в результате открытия новых частиц. Оно явилось следствием более углубленного изучения свойств сил, действующих между этими частицами.

В этой книге уже рассказывалось, как многократно изменялись взгляды ученых на строение микромира. Как многообразие вещей было сведено к атомам таблицы Менделеева, как одно время казалось, что весь мир состоит из комбинаций протонов и электронов, как было выяснено, что этого не может быть и элементарных частиц по крайней мере четыре.

Но и это царство простоты было недолговечным.

Вначале ученых вытесняла из кристально ясного мира четырех частиц непреодолимая логика уравнений.

Первым среди новых, из уравнений Дирака, «родился» позитрон, который только на правах первородства получил собственное имя, хотя, появись он позже, его назвали бы просто «антиэлектроном». Вскоре позитрон неожиданно проявился на фотопластинке и был опознан. Затем уравнения сотворили антипротон и антинейтрон. Их после упорных поисков удалось обнаружить при помощи одного из мощных ускорителей.

Уравнение Юкавы породило пион, который затем оказался трехликим или, если угодно, тройней. Впрочем, экспериментаторы вначале ошибочно отождествили его с мюоном, который впоследствии обзавелся двойником, античастицей. Теория бета-распада Ферми создала нейтрино, а затем его близнеца — антинейтрино.

Так под давлением уравнений физики вышли на новый рубеж, под который была подведена надежная база эксперимента. Мир казался им состоящим из 12 частиц. Это были фотон, пара — нейтрино и антинейтрино,. пара — электрон и позитрон, тройка пионов и две тяжелые пары — нейтрон и протон со своими античастицами. Незаконнорожденные мюоны,

не предсказанные уравнениями, казались какой-то случайностью, и никто не знал, зачем они существуют и какую роль играют. Их просто не принимали в расчет.

Подкинув экспериментаторам мюон, природа предупредила физиков, что в их теориях далеко не все в порядке. Хотя предсказания теории блестяще подтверждались открытием новых частиц и античастиц, в ней был какой-то изъян, через который и «просочилась» пара мюонов.

Вторая половина нашего века началась в физике каскадом открытий. Теперь на авансцену вышли экспериментаторы. В фотографиях ливней, возникающих при прохождении космических частиц высоких энергий через свинцовую пластину, помещенную в камере Вильсона, были обнаружены странные следы, напоминающие латинскую букву «V». Это были двухзубые вилки, начинавшиеся «из ничего».

Не желая впадать в мистику, физики должны были признать, что здесь фиксируются распады невидимых нейтральных частиц (нейтральные частицы, подходя к началу вилки, не оставляют следов). В результате незримых распадов возникают заряженные частицы, оставляющие видимые следы.

Тщательные измерения показали, что встречаются два сорта вилок. Одна образована протоном и отрицательным пионом, другая — парой из положительного и отрицательного пионов.

Пришлось предположить, что в вершине этих вилок гибнут различные частицы. Ту, которая распадалась на протон и отрицательный пион, назвали лямбда-частицей. Вторую окрестили ка-частицей.

Постепенно удалось определить массы новых частиц и их основные свойства. Оказалось, что первые из них относятся к группе тяжелых частиц — барионов, а вторые, вместе с пионами, относятся к группе мезонов.

Но это было лишь началом. Усовершенствовалась техника эксперимента и обработки следов на фотографиях частиц, увеличивались мощности ускорите-

лей. В результате за несколько лет число известных частиц более чем удвоилось. К 1957 году их было уже около тридцати, и никто не знал, сколько еще может быть открыто.

СТРАННЫЕ ЧАСТИЦЫ

Но не количество новых частиц удручало ученых. Против этого ничего нельзя было возразить. Здесь нужно было лишь радоваться. Плохо было то, что новые частицы не подчинялись существующим теориям. Особенно странной была их долговечность.

Расчеты показывали, что новые частицы должны были гибнуть почти сразу вслед за их рождением. Уравнения дозволяли им существовать лишь ничтожное время, которое даже трудно выразить словами, — это всего одна стотысячная от одной миллиардной части миллиардной доли секунды. А новые частицы жили несравненно дольше — целую миллиардную долю секунды или хотя бы десятую часть этой доли.

Расхождение с теорией составляло 100 тысяч миллиардов раз, это было странно и непостижимо. За эту непредвиденную живучесть новые частицы получили наименование «странных» частиц.

Странные частицы! Что может быть более странным, чем это название? Но физики привыкли к тому, что словечки из лабораторного жаргона, удачные остроты, неожиданные сравнения надолго удерживались в лексиконе науки, а иногда и входили в него навсегда. В этом проявляется неполнота наших знаний о мире микрочастиц, быстрый темп развития этой области, не оставляющий времени для строгого выбора и шлифовки терминов и определений.

Почему странные частицы вопреки воле формул и уравнений жили дольше, чем следовало? Почему нарушали предсказания ученых?

И физики вновь и вновь перебирали в памяти уже известные факты, сопоставляли и сравнивали

все, что знали о взаимодействиях частиц. Вот самые сильные взаимодействия. Они возникают между ядерными частицами — нуклонами. Они действуют на ничтожных расстояниях, удерживая протоны и нейтроны внутри ядра. Для краткости физики называют их просто сильными взаимодействиями. Характеристикой взаимодействий служит время, в течение которого они проявятся. Взаимодействия между нуклонами, описываемые уравнением Юкавы, осуществляются за ничтожное время. Именно это время теория и отводила для жизни странных частиц. Но странные частицы жили гораздо дольше, значит не эти силы распоряжаются их жизнью. Но какие же? Какие силы еще известны физикам?

Следующими по силе являются электромагнитные взаимодействия, описываемые уравнением Дирака, те, в которых участвуют электрические заряды частиц. Они ровно в 137 раз слабее сильных, и поэтому для их проявления требуется в 137 раз больше времени.

Несравненно более слабыми являются взаимодействия, приводящие к самопроизвольному распаду частиц, например к бета-распаду. Эти взаимодействия так и окрестили слабыми. Они в 100 тысяч миллиардов раз слабее сильных и длятся соответственно дольше.

Самыми слабыми из известных сейчас сил являются гравитационные силы. Они так слабы, что для сравнения с ними ядерные силы нужно четыре раза подряд уменьшить в миллиард раз и результат уменьшить еще в тысячу раз. При этом получается потрясающе малое число, в котором перед единицей стоит 39 нулей. Не удивительно, что в микромире эти силы совсем не играют роли. Они проявляются лишь в астрономических масштабах, где во взаимодействиях одновременно участвуют несметные скопища частиц.

Поэтому, размышляя о поведении странных частиц, ученые обратили особое внимание не на самые сильные и не на самые слабые силы, а на просто слабые, на те, которые в 100 тысяч миллиардов раз слабее сильных. И у них возникло предчувствие: не свидетельствует ли долгая жизнь странных частиц

о том, что они гибнут (распадаются) не под влиянием ядерных сил, а в результате слабых взаимодействий?

Такая догадка могла показаться на первый взгляд просто проявлением невежества. Она заставляла отказаться от очевидных вещей, от привычной и установившейся точки зрения на взаимодействия частиц. А привычная точка зрения заключалась в том, что рождение и гибель каждой частицы связаны с процессами и силами родственного типа. А тут: рождаются при сильных взаимодействиях, а умирают при слабых? В это верилось с трудом. Но ведь речь шла о странных частицах... И никто толком не знал, что можно было от них ждать.

Так, еще ничего не зная о природе процессов распада странных частиц, зная лишь время их жизни, ученые наметили возможную причину их гибели — слабые взаимодействия.

НОВЫЕ ЗАКОНЫ

Итак, в результате измерения времени жизни странных частиц удалось немного приоткрыть тайну их поведения. Рождаясь в результате сильных взаимодействий — при соударении протона, разогнанного в ускорителе или образовавшегося в ливне космических частиц, с частицами, образующими ядра свинца или другие ядра мишени, они самопроизвольно распадаются в результате слабых взаимодействий.

Почему же странные частицы не могут распасться тем же путем и так же быстро, как они рождаются? Экспериментаторы не могли ответить на этот вопрос, так как они наблюдали лишь конечные результаты и не могли проследить деталей процесса.

Теоретики размышляли над этим около двух лет; они передумали и перепробовали десятки схем и моделей и в результате вынуждены были прийти к удивительному предположению о том, что процессы с сильными взаимодействиями возможны лишь при участии не менее двух странных частиц. Как ни

странно, в случае со странными частицами природа оказывалась столь щедра, что рождала их сразу кучей. И у нее уже не хватало «сил», чтобы «возиться» с ними дальше, не хватало энергии на обратный процесс, на их моментальное уничтожение. Родив двойню, тройню, она как бы бросала их на произвол судьбы, и те умирали сами по себе. «Фокус состоит в том, — констатирует физик, — что процесс с сильным взаимодействием такого рода не будет обратимым ввиду недостатка энергии».

Так возникло объяснение долговечности странных частиц (они живут до тех пор, пока не погибнут из-за слабых взаимодействий) и неожиданное предсказание: странные частицы не могут рождаться в одиночку. Они рождаются только группами.

Это предсказание вскоре блестяще подтвердилось. Мощные ускорители начали массовое производство странных частиц, и они всегда рождались не менее чем в парах.

Итак, природа запрещает странным частицам рождаться в одиночку. Но если природа что-нибудь запрещает, то запрет чаще всего формулируется в виде закона сохранения. Например, вечный двигатель невозможно создать в силу закона сохранения энергии или нельзя вытащить себя за волосы из болота в силу закона сохранения положения центра масс, который, в свою очередь, есть следствие закона сохранения импульса (подчиняясь этому закону, действуют и ракетные двигатели).

Может быть, за фактом совместного рождения странных частиц тоже стоит неизвестный еще закон сохранения? И он поможет предсказать свойства неизвестных еще частиц!

Вспомните, как было предсказано нейтрино. Только уверенность в том, что закон сохранения энергии незыблем, помог Паули угадать, что в бета-распаде должна, обязана участвовать еще одна неизвестная частица (нейтрино), которая и уносит с собой недостающую часть энергии.

Вот почему ученые стремятся твердо знать, что же, какая величина (кроме энергии) сохраняется при

ядерных взаимодействиях. Тогда нехватка какой-то ее части в результате взаимодействия частиц подскажет им, какая частица похитила эту часть. И если эта частица неизвестна, ее будут искать, твердо зная, что она есть, существует и ее можно опознать по «украденной» величине.

Так, может быть, для странных частиц, помимо известных, действует еще какой-нибудь закон сохранения, который может стать путеводной нитью в определении их свойств?

Это безумное предположение подтвердилось. Введением новой величины, подчиняющейся закону сохранения, удалось не только объяснить поведение известных странных частиц, но и предсказать свойства неизвестных в то время частиц, которые вскоре одна за другой были обнаружены. Эта величина (ученые говорят — квантовое число) была названа «странностью», а закон ее сохранения — законом «сохранения странности».

Введение понятия «странность» и закона «сохранения странности» было несомненным триумфом науки, позволившим предсказать явления, неизвестные ранее. Но это было и новым шагом к абстракции, потому что физический смысл странности оставался неясным. Формально странность выражалась небольшими целыми числами, однако невозможно было сказать, с каким свойством частиц, кроме странности, связано это новое квантовое число. Но это не было простой игрой в слова. Закон сохранения странности объяснял необходимость рождения странных частиц группами, во всяком случае, не меньше чем па́рами. Он объяснял и их живучесть: летя в одиночестве, странная частица не могла быстро (то есть за время, свойственное сильным взаимодействиям), распасться, ибо это привело бы к нарушению закона сохранения странности.

Введение закона странности было важной вехой на тропах науки и еще по одной причине. Появился новый закон сохранения, который — не в пример старым — не имеет универсальной силы. Он действует только при сильных (ядерных) и электромаг-

нитных взаимодействиях и не действует ни при каких других взаимодействиях.

Старые классические законы сохранения действовали всегда, недаром они считаются основными законами природы — это закон сохранения энергии и закон сохранения вещества, объединенные теорией относительности в единый закон сохранения. Это закон сохранения электрического заряда, закон сохранения движения (импульса), закон сохранения вращения (момента).

Вскоре оказалось, что для сильных ядерных взаимодействий, помимо известных ранее, существуют и другие законы сохранения, которые не имеют силы по отношению к остальным процессам. Для описания этих законов пришлось ввести новые специфические понятия, новые квантовые числа. Некоторые из них еще не имеют даже общепринятого наименования, для других выбрана буква, но далеко не ясно, что за ней скрывается.

За последнее время для сильных взаимодействий стало известно семь законов сохранения — семь сохраняющихся величин (помимо закона сохранения энергии, законов сохранения импульса и вращательного момента). Эти законы позволили разобраться во взаимоотношениях между известными барионами (тяжелыми частицами) и мезонами, участвующими в сильных взаимодействиях, и предсказать существование многих новых частиц, открытых за минувшие годы.

КВАНТЫ И БУДДА

Здесь не хватит места для того, чтобы рассказать об увлекательных подробностях предсказания, поисков и открытий всех новых частиц, количество которых уже перевалило за 80.

Но нельзя не рассказать о замечательном открытии омеги-минус, сообщение о котором появилось в начале 1964 года.

Омега-минус была открыта тогда, когда ученые

убедились, что и семи законов сохранения им недостаточно для того, чтобы успешно двигаться дальше по дорогам микромира. Они пустились на поиски следующих.

В 1961 году два физика, американец Гелл-Манн и полковник израильской армии Нейман, работая независимо, создали удивительную теорию, которую даже не сразу решились публиковать.

Для того чтобы обсуждать новую теорию, ее нужно было как-то назвать. В этой теории впервые одновременно участвовало восемь квантовых чисел. Число «восемь» и вошло в название теории, хотя само название возникло случайно.

Кому-то из ученых пришел на память афоризм, приписываемый Будде. Он гласит:

«Вот, о монахи, благородная истина, которая ведет к прекращению боли: это благородный восьмиступенный путь, а именно путь через честные намерения, верные цели, правдивые речи, справедливые действия, праведную жизнь, правильные усилия, истинную заботливость, полную сосредоточенность».

Восемь ступеней, восемь заповедей Будды, должны были вести монахов к блаженству. Восемь законов сохранения, восемь квантовых чисел вели ученых к истине. Новая теория получила наименование «восьмиступенный путь».

И вот при помощи новой теории ученые набросали «портрет» неизвестной частицы. Частицы, которой никто никогда не видел, но которая должна была существовать, если «восьмиступенный путь» действительно вел к истине. Хотя эта частица не была известна, «восьмиступенный путь» позволял предсказать ее массу и то, что она должна обладать отрицательным зарядом. Эта невиданная частица должна была обладать к тому же странностью, равной минус три. Она должна быть устойчивой и могла распасться «лишь» через одну десятимиллиардную долю секунды.

Пожалуй, только охотник может понять чувство физика-экспериментатора, когда ему на глаза попалось описание примет новой частицы. Со старой бер-

данкой сюда не сунешься. В путанице следов частиц на фотографиях прятался чрезвычайно редкий «зверь». И охота началась, как только была подготовлена вся необходимая снасть.

Протоны, ускоренные большим синхротроном, в результате сильных взаимодействий с ядром мишени образовывали пучок отрицательных К-мезонов. Каждые несколько секунд тщательно изолированный пучок, содержащий около десятка К-мезонов, попадал в пузырьковую камеру, где мезоны взаимодействовали с протонами (ядрами атомов водорода, который в жидком состоянии заполнял камеру).

Без сложного анализатора, работающего при помощи электронной вычислительной машины, вряд ли удалось бы отыскать среди 100 тысяч сделанных фотографий те две, на которых зафиксировано рождение омеги-частицы. Тщательное измерение и расчеты позволили установить, что вновь открытая частица и есть разыскиваемая омега-минус. Ее масса отличается от предсказанной менее чем на один процент.

Успех новой теории придал ученым смелость, и они предположили на ее основе существование еще трех частиц. Когда Гелл-Манн назвал свойства этих частиц, его коллеги пришли в изумление: две из них должны иметь заряд, составляющий треть электрического заряда электрона, а одна — две трети. Но ведь до сих пор электрический заряд электрона считался элементарным! Он был чем-то вроде эталона, мерила электрических зарядов микрочастиц. Недаром он был принят за единицу. И вот... восьмисгупенный путь завел ученых в область электрического поля за пределами элементарной единицы измерения.

Это было очень дерзкое предсказание. Новые частицы Гелл-Манн назвал почему-то «кваками» (quark), сославшись на строчку одного из романов Джойса со стр. 383. Многие теперь пишут и говорят «кварки», выговаривая «р», хотя правила английской грамматики это запрещают.

Почему кваки и почему 383 — непонятно. То ли

это намек на «треть — восьмипутка — треть», то ли просто озорство — почему бы даже серьезному ученому не выбрать название, которое укажет ему первая попавшаяся страница книги?

Ученые, наверно, не стали задумываться над такими пустяками, даже если им и не был известен секрет кваков. Не теряя времени они тотчас приступили к поискам новых частиц на Брукхевенском ускорителе. Для начала они решили обнаружить частицы с зарядом в одну треть от заряда электрона, как наиболее отличающимся от единицы. Но... опыт однозначно показал, что таких частиц не существует. Однако физики, как всегда, не были в своем заключении категоричны. Они только утверждают, что если такие частицы и существуют, то они должны иметь массу более чем две или три массы протона, а для создания частиц с такой массой не хватает мощности всех работающих в настоящее время ускорителей.

Так что на пути обнаружения кваков возникло чисто техническое препятствие, но это физиков не обескуражило. Их чаще радует не мгновенный успех, а то, что в какой-то момент выводы теории не совпадают с экспериментом. Значит, это место требует особого внимания, острой бдительности. Здесь надо ждать открытий!

МАГИЧЕСКИЕ ЧИСЛА

Поразительное подтверждение предсказаний теоретиков вовсе не свидетельствует о благополучии в теории элементарных частиц. Здесь далеко не все в порядке. Пока это первые шаги в полутьме. Пока, изучая частицы, ученые пытаются сортировать их по признакам, свойствам, стараются их классифицировать. Но классификация — это ведь только вторая стадия познания. Сначала накапливаются факты. Потом делаются попытки их систематизировать, чтобы понять скрытые за ними закономерности. Только тогда, когда эти попытки систематизации оказываются

удачными, возникает на ее основе надежда сформулировать объективный закон природы.

Так было и с периодической системой Менделеева, которому удалось обнаружить, что при расположении элементов по возрастающим атомным весам некоторые свойства их периодически повторяются. Менделеев не мог сказать, почему они повторяются, но, выявив эту закономерность и обнаружив, что в некоторых случаях она нарушается, он смог предсказать существование неизвестных в то время элементов. Элементов, само существование которых с неизбежностью вытекало из открытого им периодического закона. Они должны были существовать, если найденный закон верен.

Как известно, эти элементы впоследствии были обнаружены и заполнили пустующие клеточки в замечательной таблице. Это было триумфом науки.

Однако открытие закона еще не объяснило, почему этот закон существует, отчего появляется периодичность свойств, почему основной период равен 8, и почему существуют так называемые большие периоды, и отчего есть явное нарушение закона в семействе редких земель, состоящем из 18 различных элементов, которые пришлось поместить в одну клетку таблицы Менделеева (впоследствии такое же нарушение было обнаружено в семействе урана). Закономерность, лежащая в основе периодической системы Менделеева, была раскрыта только квантовой теорией атомов.

Примерно так же развивается сейчас теория элементарных частиц. Мы все еще находимся в стадии накопления фактов и более или менее удачных попыток их систематизировать. Существующие теории, в том числе и замечательный восьмиступенный путь, — только более или менее сложные вычислительные приемы. Никто не может сказать, как в дальнейшем будет развиваться теория.

Естественно ожидать, что сверхмощные ускорители, строящиеся в различных странах, позволят выявить новые неизвестные еще формы симметрии,

установить новые сохраняющиеся величины, обнаружить новые частицы.

Уже при современном развитии техники эксперимент обгоняет теорию. Много новых частиц было открыто случайно. Все предсказанные теорией частицы удавалось обнаружить, и разрыв во времени между предсказанием и обнаружением все стремительнее уменьшается.

Но теория все еще напоминает некие шаманские обряды. Она основана не на глубоком понимании, а на почти интуитивном установлении неких правил, определенных операцией с индексами и числами, которые вполне заслуживают наименования магических.

Магические числа уже сыграли большую роль в построении деталей протонно-нейтронной модели ядра. Из опыта известно, что особенно устойчивыми являются ядра, содержащие вполне определенные количества протонов и нейтронов. Эти количества определяются числами 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126. Любая теория ядра, претендующая на достоверность, должна объяснить этот опытный факт.

Изящная «оболочечная модель», предполагающая, что ядерные частицы группируются в оболочки, отчасти родственные электронным оболочкам, приводила к числам 2, 8, 20, 40, 70, 112. Совпали только первые три числа, и это потребовало существенного уточнения теории.

Как здесь не припомнить пифагорейцев с их музыкой чисел, управляющей судьбами миров и людей!

Небольшие простые числа, выражающие квантовые законы сохранения, позволили создать новую, более четкую классификацию восьми десятков частиц, подверженных сильным взаимодействиям. Некоторые свойства частиц определяются не непосредственно квантовыми числами, а их комбинацией. В этом случае для упрощения записей пришлось прибегнуть к буквенным обозначениям — каждая из греческих букв заменяет определенную комбинацию квантовых чисел. Новая классификация позволяет расположить все известные сейчас частицы в четком порядке, который, в свою очередь, полезен

в сложном процессе «предсказания» неизвестных еще частиц. В связи с тем, что для новой классификации избраны греческие буквы, некоторые частицы пришлось переименовать, так как большинство ранее известных частиц было обозначено тоже буквами греческого алфавита. Например ка-частица стала каппа-частицей. Интересно, что в новой классификации греческие буквы расположены не по алфавиту, а совершенно хаотически. Иначе и быть не могло. Ведь первоначальные наименования давались частицам по мере их открытия и в соответствии с прежними воззрениями или даже по прихоти первооткрывателя. Естественно, что после создания новой классификации были две возможности: примириться с этим несущественным хаосом или переименовать заново большинство частиц. Переименование обеспечило бы порядок в таблицах, но потребовало бы переучивания и запоминания новых названий. Оно могло привести к путанице и недоразумениям, и ученые избрали хаос.

Простые числа, связанные между собой простыми соотношениями и не вполне осознанными правилами, позволяют, как мы видели на примере восьмиступенного пути, на основе свойств известных частиц предвидеть некоторые свойства неизвестных, например их массу, заряд, странность и другие. Но никто не может сказать, почему электрические заряды частиц всегда одинаковы и различаются лишь знаком или равны нулю. До сих пор никто не может сказать, завершен ли список микрочастиц, или нам предстоят новые открытия. Никто не может определить, какие из них элементарны. Неясно, какие частицы считать элементарными, какие сложными.

Опыт последних лет заставил ученых склониться к мысли о том, что ни одна из частиц, подверженных сильным взаимодействиям, даже совершенно устойчивый протон, не является действительно элементарной. Возможно, все они, так же как и ядра атомов всех элементов, являются лишь различными состояниями единой формы (сильно взаимодействующей) материи.

Правда, часть ученых все же продолжает считать протон элементарной частицей, а остальные сильно взаимодействующие частицы его детищами. Но отстаивать эту точку зрения становится все труднее.

Против нее эффективно борется новая гипотеза, известная под названием гипотезы «сапожных шнурков». Это название связано с тем, что в основе гипотезы лежит сложное переплетение свойств барионов, которое при графическом изображении может вызвать ассоциацию со шнуровкой ботинок.

В этой области у ученых есть очень интересные предположения.

Представьте себе, что быстрый нейтральный пион столкнулся с протоном. Что явится результатом этого взаимодействия? Физик скажет — протон и нейтрон. Не противоречит ли это закону сохранения вещества, ведь протон и нейтрон много тяжелее, чем протон и пион? Нет, не противоречит. Ведь еще Эйнштейн доказал, что энергия тоже обладает массой и при подведении баланса нужно ее учитывать. Здесь, в процессе столкновения, произошло превращение энергии движения пиона в недостающее вещество.

Можно ли на основании этой реакции считать какую-либо из участвующих в ней частиц элементарной? Ясно, что ни нейтрон, ни пион не заслуживают этой чести. Нейтрон здесь как бы родился из пиона и его энергии. А в обратной реакции — столкновении протона с нейтроном — пион рождается из нейтрона. Может показаться, что протон, остающийся здесь неизменным, элементарен. Но столкновение нейтрона с положительным пионом, очень похожее на только что описанное, приводит к «рождению» протона, а «сохранится» при этом нейтрон.

Множество таких примеров заставило физиков предположить, что ни одна из частиц, подверженных сильным взаимодействиям, не является простой, а значит, их нельзя считать элементарными.

Физики предполагают, что и протон и нейтрон и другие родственные им частицы состоят из чрезвычайно малого ядра (которое для отличия от ядра

атомов иногда называют немецким словом керн), окруженного облаком пионов (частиц, являющихся носителем сил, удерживающих протоны и нейтроны внутри атомных ядер). Если это положительные пионы, мы имеем протон, если они нейтральны — образуется нейтрон, если отрицательны — антипротон.

Имеются основания считать, что и другие тяжелые частицы — барионы состоят из керна и пионов, но отличаются лишь запасом внутренней энергии. Чем больше эта скрытая энергия, тем тяжелее частица.

Более того, диаметр атомного ядра оказывается очень близким к диаметру одиночного протона или нейтрона. Мы привыкли считать, что в ядре атома урана-238 содержится 92 протона и 146 нейтронов. Но можно ли действительно считать, что они там содержатся, если размеры ядра в двести раз меньше того, что получается при простом сложении? Не правильнее ли думать, что в ядре нет индивидуальных частиц и что ядро есть просто одно из состояний сильно взаимодействующей материи?

Всем ясно, что новая теория элементарных частиц должна объяснить все это, должна ответить на вопрос, почему существуют микрочастицы, почему они именно таковы, какими мы их знаем, как связаны формальные законы симметрии, выражаемые странностью или восьмиступенным путем с физической симметрией природы.

Современная теория объяснить это бессильна.

— При ответе на эти вопросы мы попадаем в парадоксальное положение, — откровенно признается член-корреспондент Академии наук СССР Д. И. Блохинцев. — Дело в том, что при достигнутой сейчас точности измерений физик-экспериментатор нигде не находит противоречий с принципами теории относительности или квантовой теории. В то же время физик-теоретик имеет основание подозревать принципы современной теории в ограниченности.

Многие ученые ломают голову над построением новой теории, но никто не нашел даже надежных путей подхода к этой задаче.

ДОСТАТОЧНО ЛИ ЭТО БЕЗУМНО?

Был недавно момент, когда казалось, что наметился кое-какой просвет в этом «темном» деле. Появилось два метода, которые обещали раскрыть законы жизни элементарных частиц. Ученые называют эти методы фамильярно: «дисперсионщиной» и «реджистикой». Метод дисперсионных соотношений разработали советский математик Н. Н. Боголюбов, увлекшийся теоретической физикой и избранный директором Объединенного института ядерных исследований, и американец М. Гольдберг. Второй предложил итальянский физик Редже. Оба метода позволяют на основании экспериментальных данных о существовании частиц предсказать кое-что о характере их взаимодействия. И наоборот — располагая данными о характере взаимодействия, можно угадать участвующие в нем частицы.

Но эти методы так сложны, что ученые пока даже не пытаются полностью применять их. Они только знакомятся с ними и возлагают на них большие надежды. И подтрунивают над этим положением вещей, показывая друг другу шуточный диапозитив. На нем изображены два ученых-археолога, которые производят в пустыне раскопки. Под их лопатами виден уголок какого-то древнего сооружения. Под рисунком подпись: «Это может быть самым большим открытием века, но весь вопрос в том, как глубоко оно идет!»

Подсмеиваясь над шуткой, ученые тем не менее весьма серьезно относятся к новой возможности проникнуть в тайны микромира. Они на ускорителях проверяют экспериментальные следствия новых методов расчета, пытаются сочетать «дисперсионщину» и «реджистику» с идеями квантовой теории. Ведь именно благодаря тому, что на заре квантовой физики Поль Дирак смело столкнул в своих расчетах привычное с непривычным, сочетал теорию относительности с принципами квантовой природы вещества, он вывел теоретическую физику начала XX века из очередного тупика.

Действительно, что же такое «реджистика» и «дисперсионщина»? Нечто грандиозное и всемогущее, революционно новое, теории, способные разрубить гордиев узел, или... или это просто два первых шага на пути иной математической интерпретации микромира?

Пока трудно сказать, как глубоко позволят новые методы проникнуть в суть явлений. Во всяком случае, у многих они вызывают недоверие. Гейзенберг, например, выступил в печати с резкой критикой нового математического метода. Но американский физик Г. Чью и некоторые другие считают, что новая идея распахнет дверь в микромир. Пока что «реджистика» и «дисперсионщина» очень напоминают пару ключей из увесистой связки, которые, возможно, откроют, а возможно, и не откроют заветную дверь...

Продолжает свои попытки построить теорию элементарных частиц и творец квантовой механики Гейзенберг, пришедший к мысли о том, что, возможно, пространство и время не образуют непрерывного многообразия. Он рассматривает модель мира, в котором существует минимальное пространственное расстояние — квант длины, который много меньше всех встречавшихся ранее расстояний.

Гейзенберг считает, что на расстояниях, меньших этой длины, невозможны никакие, даже мысленные, эксперименты. Но и эта попытка пока не увенчалась успехом.

Делаются и попытки, связанные с квантованием времени, с отказом от применения теории относительности к событиям малых масштабов, и многие другие.

Ученые XX века уже привыкли к тому, что самые плодотворные, самые гениальные идеи, которые несли в науку революцию, рождались чаще всего не из планомерного развития какого-то направления. Они возникали бурно, дискуссионно, они не вязались с привычной логикой вещей, перескакивали через нее; они казались поначалу сумасшедшими, безумными...

Именно это и заставило Бора выбрать гениальный

критерий для апробирования новых идей: а достаточно ли она безумна? Достаточно ли далеко искал ученый, не слишком ли близок район его «раскопок» от уже разрытых другими курганов?

Пока еще неясно, какая из новых идей удовлетворит критерий Бора. Какая же теория окажется достаточно безумной, чтобы быть правильной?

Вопрос, который волнует сейчас физиков: быть или не быть? Введет ли нас в микромир старое оружие квантовой теории и теории относительности или этому не бывать и вновь нужно ломать ставшие уже привычными физические концепции?

Так теоретическая физика второй раз за полстолетия очутилась на распутье перед необходимостью больших перемен... Так одно и то же поколение физиков — небывалый в истории науки случай! — снова готовится к революционной ломке своих представлений.

Сегодня ясно всем: для решения загадок микромира вряд ли следует возвращаться назад. Надо идти вперед.

Настала пора, когда ученые вплотную приблизились к новому «безумному» скачку, подобному тем, которые между 1905 и 1916 годом привели к созданию теории относительности и между 1923 и 1927 годом — к появлению квантовой механики.

Настало время новых дерзаний.

Занавес поднят, начинается очередной акт великой драмы идей.

Он несет человечеству покорение новых сил природы и новые разочарования.

Но и этот акт не последний, процесс познания не имеет конца.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Мы перевернули последнюю страницу книги, написанной столь живо, эмоционально и занимательно. В ней рассказывается о богато одаренных людях, отдавших всю свою жизнь науке. Их переживания связаны с успехами и неудачами, неизбежно сопровождающими настоящую поисковую научную работу. Читатель невольно втягивается в водоворот «безумных» идей, почти всегда прогрессивных, но обреченных на старение и вытеснение более свежими, более смелыми. Ведь ученые, берущиеся за разрешение бесчисленных загадок, которые поставила перед человечеством природа, заранее осведомлены о том, что абсолютной и навсегда верной разгадки они не дадут. И все-таки они тратят десятилетия напряженного и самоотверженного труда для нахождения приблизительно верного решения, которое выдержит суровое испытание временем хотя бы на протяжении нескольких лет или десятилетий. И это при условии, что им сопутствует удача. А какова вероятность такой удачи? Ведь гораздо больше трудных работ кончается неудачно — удовлетворительного ответа не получается.

Если говорить более точно, то можно считать, что вероятность нахождения удачного решения в серьезной поисковой научно-исследовательской работе не превышает 5 процентов. Но без этого прогресс невозможен. Если ответ известен заранее — это не поисковая работа. В опытно-конструкторских рабо-

тах, направленных на создание образцов приборов и машин, эффективность научной работы гораздо выше — она лежит в пределах 70—80 процентов вероятности. Только при изготовлении в промышленности крупносерийных изделий ожидается 98—99 процентов вероятности создания отвечающей требованиям продукции, имеющей оптимальную долговечность и надежность в работе. Поэтому получение приблизительно верного результата, которому можно доверять несколько лет или даже иногда дольше, — большая и редкая удача.

Чтение книги «Безумные» идеи» полностью подтверждает все сказанное. Но молодой человек, заинтересовавшийся наукой и вынесший из школы несколько упрощенное представление о путях развития науки, может почувствовать неуверенность в своих силах, да и в способностях человека вообще, если все научные ценности относительны и недолговечны. Не думаю, что это особенно опасно. Такая неуверенность быстро проходит с началом самостоятельной работы. Страшнее в науке чванство, зазнайство, высокомерие — эта защитная реакция людей, неполноценных в моральном или умственном отношениях. В науке надо уметь считаться с идеями и мыслями своих товарищей по работе, с достижениями других людей и коллективов, уважать их труд. Относительная ценность всех научных достижений отнюдь не является исключением в нашей жизни — в ней все относительно. Вопрос в том, чего больше — успехов или неудач и какие выводы из этого соотношения делает для своей дальнейшей работы ученый.

В книге Ирины Радунской имеются отличные примеры и мудрого и недальновидного поведения некоторых крупных ученых.

Конечно, мы, живущие на Земле люди, еще мало знаем о строении и закономерностях бесконечной во времени и пространстве вселенной. Но мы теперь довольно уверенно считаем, что доступная нашему наблюдению часть вселенной существует (как система, включающая миллиарды миллиардов структурных элементов — галактик и звезд) приблизительно 15—

20 миллиардов лет. Мы также знаем, что наша звездная система, в которую входят Солнце, Земля и несколько планет, образуется примерно 150 миллиардами звезд, сгруппированных в нашу Галактику, диаметр которой достигает примерно 100 тысяч световых лет, или миллиард миллиардов километров. Мы тоже довольно точно знаем, что Солнце (вместе с нашей скромной планетной системой) удалено от центра Галактики примерно на $^2/_3$ от ее радиуса и описывает полный оборот вокруг него примерно за 200 миллионов лет, а это значит, что за время существования Солнца и его планетной системы — на протяжении примерно пяти миллиардов лет — было совершено всего около 25 оборотов.

Если принять во внимание, что человек существует на Земле не более одного миллиона лет, то за этот «короткий» интервал времени солнечная система (вместе с Землей и планетами) прошла по своей круговой орбите вокруг центра Галактики всего лишь двухсотую часть оборота. А если учесть, что письменность существует на Земле всего лишь 7—8 тысяч лет, а следовательно, столько же времени существует наука, начиная от самых примитивных ее форм, то ведь за это время солнечная система с Землей и планетами прошла еще гораздо меньший путь, всего лишь 45 угловых секунд — около одной тридцатитысячной оборота!

За это время человек стал разумным, мыслящим общественным существом, познавшим многие закономерности природы и научившимся ими пользоваться для обеспечения своих непрерывно растущих духовных и материальных потребностей. За последние годы человек перешел от наблюдения и изучения к непосредственному освоению космоса. Он уже летает по точно заданной траектории вокруг Земли, запускает космические корабли и спутники, обеспечивает радиосвязь на дистанциях в сотни миллионов километров. Причем то, на что сейчас затрачиваются месяцы или даже часы, в былые времена было либо вовсе недоступно, либо требовало столетий или тысячелетий напряженного труда. И это достигнуто за несколько ты-

сяч лет, причем большая часть за последние сто лет. Значит, стоит трудиться.

«В науке нет широкой столбовой дороги, и только тот может достигнуть ее сияющих вершин, кто, не страшась усталости, карабкается по ее каменистым тропам». Эти слова Карла Маркса можно поставить эпиграфом к книге «Безумные» идеи». Именно так жили и творили ее герои. Во многих ее главах говорится об удивительных успехах, достигнутых в изучении вселенной. Надо сказать, что в нашей стране эта интереснейшая наука давно привлекала к себе внимание. Незадолго до первой мировой войны Пулковская обсерватория считалась одной из лучших в мире, и имена русских астрономов Бредихина, Глазенапа, Цингера и других были известны всем астрономам нашей планеты. Но особенно большое внимание развитию астрономии, а в дальнейшем — радиоастрономии было уделено Советской властью. Именно при Советской власти выросло не менее двух поколений астрономов, достижения которых открыли человеку путь в космос.

Бесконечная сложность процессов, происходящих во вселенной, всегда порождала две тенденции в мировоззрении людей: мистицизм и пессимизм, сознание своей обреченности и беспомощности, преклонение перед всемогуществом сил природы и ее «творца», неверие в возможность постижения закономерностей космоса, с одной стороны, и обратную, прогрессивную тенденцию — во что бы то ни стало понять строение и эволюцию вселенной. Мало того — использовать ее закономерности в интересах людей. Борьба этих направлений длится несколько столетий и в наше время приняла особенно острую форму.

Немало сказано в «Безумных» идеях» о достижениях советских теоретиков и экспериментаторов; я помню беседы с моим учителем на электротехническом факультете Морской академии А. А. Фридманом в 1924 и 1925 годах, когда он увлекался теорией разбегания галактик, вытекавшей из работ Эйнштейна. Ведь именно «безумная» идея заложила основу совершенно новому направлению в небесной механике

и теоретической астрономии, продолжающему привлекать всеобщее внимание ученых и в наши дни.

Правильной оценке будущего науки помогает изучение ее истории, ибо она создала почву для развития новых идей и питает их. Хочется вспомнить замечательную для своего времени (конец прошлого века) книгу «Мироздание» доктора Вильгельма Мейера («Астрономия в общепонятном изложении», около 700 страниц, 300 отличных иллюстраций, изданная под редакцией крупного русского астронома, заслуженного профессора С.-Петербургского университета С. П. Глазенапа). Я обучался тогда в Морском корпусе и отчетливо помню, что выбору штурманской специальности во флоте помогла мне именно эта книга. Я тогда не знал, что мне придется часто встречаться с С. П. Глазенапом в период 1918—1922 годов и учиться у него астрономии в Ленинградском университете. Кстати сказать, качество издания книги «Мироздание» в 1896 году, в особенности иллюстраций, отлично сохранившихся на протяжении почти 70 лет, может послужить примером многим современным изданиям.

Мне захотелось сопоставить некоторые утверждения конца прошлого века с теми мыслями, которые изложены в «Безумных» идеях».

В настоящее время принято считать, что диаметр нашей Галактики имеет размеры приблизительно в 100 тысяч световых лет. В книге «Мироздание» 1896 года на странице 383 говорится, что «свету нужно больше 3500 лет, чтобы достичь до нашего глаза от последних пределов пояса Млечного Пути». Так как солнечная система расположена на расстоянии примерно 27 тысяч световых лет от центра Галактики, то в настоящее время дистанция до «последних пределов» ее, расположенных за ее центром, оценивается 77 тысяч световых лет — ошибка более чем в 20 раз... Но еще интереснее предположения о «пределе» видимой вселенной. На странице 383 говорится, что Гершель считал это расстояние равным примерно 1/2 миллиона световых лет, а на следующей странице говорится о том, что Вильгельм Струве

ввел поправки в эти оценки Гершеля: «Струве... нашел, что самый далекий световой луч, который может вообще дойти до нас сквозь поглощающие средины мирового пространства, может находиться в пути не ½ миллиона, а всего около 12 тысяч лет. Следовательно, здесь лежат *последние пределы*, до которых когда-либо может проникнуть человеческое исследование» (курсив мой. — *А. И. Б.*). Не правда ли, интересная оценка пределов наблюдаемой вселенной в 12 тысяч световых лет!.. В настоящее время мы наблюдаем радиогалактику, под названием ЭС-295, свет от которой доходит до нас за... 5 миллиардов лет. Это примерно в 400 тысяч раз больше «предела», поставленного навсегда Вильгельмом Струве всего лишь 80—90 лет назад, и в 10 тысяч раз больше «горизонта» вселенной, предсказанного Гершелем. В Чугуеве, близ Харькова, сооружается радиотелескоп с дальностью наблюдения до 40 миллиардов световых лет.

Любопытно отметить, что известный американский астроном Харлоу Шепли в своей интересной книге «Галактики», написанной в начале сороковых годов, то есть около 20 лет назад, когда радиоастрономические методы и средства еще не нашли широкого применения, оценивал возможности 200-дюймового рефлектора на горе Паломар в США с самым мощным спектрографическим оборудованием в один миллиард световых лет. Это было «горизонтом» астрономии. Таким образом, примерно за 20 лет этот горизонт увеличился с одного до 5 миллиардов световых лет.

Говоря о расширяющейся вселенной, Харлоу Шепли пишет: «...расширение не только совершается несомненно, но прямо изумительно по скорости. Тогда как вселенная галактик удваивает свой радиус в лучшем случае за 13 сотен миллионов лет, область известного нам во вселенной утроила свой радиус в течение одного поколения». Таким образом, получается, по Шепли, что даже в век господства оптической астрономии возможности ее быстро нагоняют «разбегающиеся галактики». Радиоастрономия ввела здесь свои поправки: уже известны радиогалактики, «убегающие» от нас со скоростью половины скорости

света. А расширение «горизонтов» наблюдаемой вселенной происходит гораздо быстрее: с одного миллиарда световых лет двадцать лет назад до 40 миллиардов световых лет в ближайшие годы. Значит, расширение «горизонта» вселенной происходит со скоростью 3—4 миллиарда световых лет за 10 лет, а наиболее удаленные галактики за это время успеют «убежать» от нас на 1,5—2 миллиона световых лет. И мы их быстро нагоняем. Это значит, что с каждым годом мы имеем возможность все дальше проникать в глубины расширяющейся вселенной, несмотря на ее расширение.

Это означает, что «горизонты» науки расширяются гораздо скорее, чем движется свет в пространстве. Но если учесть, что никакие отдаленные галактики не будут двигаться со скоростью, превосходящей скорость света, а пределов темпам развития науки не существует, то в будущем, причем не очень отдаленном, мы будем располагать гораздо большими возможностями раскрытия тайн вселенной, так как в масштабах науки ее границы к нам приближаются.

Радиоастрономия зародилась в начале тридцатых годов. Ее возможности еще далеко не исчерпаны, но уже зарождается новая область — нейтринная астрофизика, которая, вероятно, сможет сблизить астрофизику с физикой микромира. Уже установлено, что «нейтринная» светимость некоторых звезд может намного превышать их световую светимость.

Крупнейший физик, академик Бруно Понтекорво пишет в недавно вышедшей книге «Наука и человечество» (том II, 1963): «Нигде так ясно не проявляется связь между микромиром и космосом, как в физике нейтрино. Недавно родилась новая область науки — нейтринная астрофизика, описывающая многочисленные явления, в которых нейтрино играют первостепенную роль. Во-первых, нейтрино участвуют в ряде процессов, происходящих внутри звезд; нейтрино, испускаемые звездами и вообще исходящие из космического пространства, могут быть зарегистрированы в опытах, выполненных на Земле. Эта сторона нейтринной астрофизики как экспериментальной

науки особенно заманчива». Эти высказывания Понтекорво являются хорошим дополнением к главе книги И. Радунской «Где искать антивещество?».

Чрезвычайная сложность процессов и явлений, происходящих в макро- и микромире, потребовала от физиков-теоретиков особых усилий для разработки таких приемов и методов, которые соответствовали бы трудности решаемых задач. Предельные требования были предъявлены к математикам, и, как видно из многих глав книги «Безумные» идеи», именно тесное сотрудничество физиков и математиков, между которыми в ряде случаев сгладились все различия, обеспечило те поразительные успехи, о которых говорится в книге.

Интересная книга Ирины Радунской охватывает многие области быстро развивающейся науки. В нашем послесловии мы остановились только на некоторых вопросах. Если книга привлечет интерес молодежи и вызовет потребность в знаниях, в учебе и поиске, автор книги сможет считать свою задачу выполненной. Но мы специально подчеркиваем, что книга Ирины Радунской не только интересно и талантливо написана, но и художественно воплощает самые актуальные научные проблемы. А роль художественного элемента научно-популярной литературы в обучении и воспитании молодых строителей коммунизма трудно переоценить. Не ставя себе непосильной задачи охватить всю науку, автор ограничился физикой. Но и в физике он концентрирует внимание лишь на наиболее быстро развивающихся областях — квантовой физике и теории относительности — и их приложениях, на новых науках — радиоастрономии и квантовой электронике, возникших на стыках различных областей физики, на крайних областях сверхвысоких давлений и сверхнизких температур.

Именно в этих областях возникали и еще долго будут возникать «безумные» идеи, ибо для их развития необходимы скачки́. Простое приложение и даже совершенствование старых истин здесь уже ничего не даст. Попытки эволюционного развития науки здесь приводят к застою, и для того, чтобы двинуться даль-

ше, в таких случаях необходимо перепрыгнуть через препятствие или разрушить его.

Автор показывает, что все творцы гениальных теорий или ошеломляющих опытов — люди, не чуждые ошибок и заблуждений, приходящие к своим открытиям ценою огромного труда. Прочитав книгу, убеждаешься, что развитие науки — это не столько результат гениального прозрения одиночек, сколько плод организованного и целенаправленного труда многих простых, но очень настойчивых, добросовестных и трудолюбивых людей.

И в этом, по-моему, главное значение книги.

Академик А. И. Берг

Содержание

74 коп.



[illegible]АДУНСКАЯ ИРИНА [illegible]ОВНА

[illegible] и документальные повести молодой писательницы Ирины Радунской привлекают широкое [illegible] читателей.

[illegible] Радунская окончила Московский авиационный институт по [illegible] радиотехники. Увлекалась музыкой, поэзией. Но покоряющая мощь науки, [illegible]ские успехи и захватывающие тайны пере[illegible]лили все остальные увлечения. Молодая писательница успешно выступает в центральных газетах и жур[illegible] со взволнованными репортажами о только что свершившихся открытиях, с публицистическими [illegible]ями над актуальными пробле[illegible] науки.

[illegible] помог Ирине Радунской написать первую книгу — «Безумные» идеи», [illegible] парадоксальным и неожиданным[illegible]тельно плодотворным гипотезам и теори[illegible] современной физике.

Книга была тепло встречена читателями. Ее одобрили ученые и [illegible]торы. «Редкостное изящество изложения», «непрерывный накал удивленности», «яркие зарисовки труда ученых» — так отзывались о книге газеты и журналы.

Физика и физики остаются главными героями и второй книги Ирины Радунской — «Превращение гиперболоида инженера Гарина», выпущенной издательством «Молодая гвардия» в 1966 году.

МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ
МОСКВА 1967

ИРИНА РАДУНСКАЯ
«БЕЗУМНЫЕ» ИДЕИ